



Escuela
Universitaria
Ingeniería
Técnica
Industrial
ZARAGOZA

FERROCARRIL: SISTEMAS DE CONTROL EN LA ALTA VELOCIDAD



Alumno: Luis Baquer Sipiera
Especialidad: Electrónica Industrial
Convocatoria: Septiembre 2010
Director: Luis Lezaún Martínez de Ubago

ÍNDICE

	Pág.
1.- INTRODUCCIÓN	3
2.- SISTEMAS DE CONTROL Y GESTIÓN DEL TRÁFICO	7
2.1.- ASFA	7
2.1.1.- BALIZAS	8
2.1.2.- EQUIPO RECEPTOR	9
2.1.3.- SEÑALES	10
2.2.- EBICAB	12
2.3.- LZB	13
2.4.- TVM	16
2.5.- BACC	16
2.6.- ERTMS	16
3.- CIRCUITOS DE VÍA	23
3.1.- DE CORRIENTE ALTERNA	23
3.2.- DE IMPULSOS DE TENSIÓN ELEVADA	24
3.3.- DE AUDIOFRECUENCIA	25
4.- ENERGÍA	26
5.- COMUNICACIONES	36
6.- DETECTORES	38
6.1.- DETECTOR DE CAÍDA DE OBJETOS	39
6.2.- DETECTOR DE CAJAS CALIENTES	40
6.3.- DETECTOR DE IMPACTOS EN VÍA	42
6.4.- DETECTOR DE CAÍDA DE PANTÓGRAFO	43
6.5.- DETECTOR DE OBJETOS ARRASTRADOS	44
6.6.- DETECTOR DE VIENTO LATERAL	45
6.7.- DETECTOR DE INCENDIO EN TÚNEL	46
6.8.- DETECTOR DE FLUJO DE AIRE	47
6.9.- OTROS DETECTORES	47

6.9.1.- DETECTORES DE INTRUSIÓN	47
6.9.2.- SISTEMAS DE VIDEOVIGILANCIA	47
7.- MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FERROVIARIO	48
7.1.- MANTENIMIENTO PREDICTIVO	48
7.2.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO	49
7.3.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO	50
8.- REPERCUSIONES DE LA ENERGÍA RENOVABLE EN EL MUNDO FERROVIARIO	53
8.1.- TRACCIÓN DE VAPOR	53
8.2.- TRACCIÓN DIESEL	54
8.3.- TRACCIÓN ELÉCTRICA	55
8.4.- LEVITACIÓN	57
8.5.- EL PROTOCOLO DE KIOTO Y RENFE	58
8.5.1.- INFRAESTRUCTURA	60
9.- PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES	62
9.1.- LEGISLACIÓN	62
9.1.1.- LEY DE RIESGOS LABORALES 31/1995	62
9.1.2.- REAL DECRETO 614/2001	64
9.1.3.- REAL DECRETO 842/2002	65
9.2.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN	67
10.- EL TITULADO EN EL MUNDO LABORAL DE LA INGENIERÍA FERROVIARIA	69
11.- CONCLUSIONES	74
12.- GLOSARIO	76
13.- ÍNDICE DE IMÁGENES	79
14.- BIBLIOGRAFÍA	81

1.- INTRODUCCIÓN

En el año 1848 entra en funcionamiento la primera línea ferroviaria en España, que unía Barcelona con Mataró. Desde este momento, el ferrocarril siguió extendiéndose por España, aunque como la tecnología ha ido evolucionando, el mundo ferroviario ha tenido que ir adaptándose a los nuevos tiempos, con un único objetivo, la velocidad.

En un principio se declaró estándar en España un ancho de vías superior al europeo, ancho nacional o ibérico, ancho que aún se utiliza en nuestros días. Se dice que esta mayor anchura se eligió para evitar una posible invasión del extranjero por vía férrea, pero la verdadera causa fue que por la geografía montañosa de nuestro territorio se requería una mayor potencia en las máquinas de vapor, y eso las hacía más grandes y pesadas. Hoy sabemos que esta decisión había un error técnico: la potencia de una máquina de vapor es mayor cuanto mayor es la presión que en ella se produce, así como cuanto más largo sea el cilindro, por lo que hubiera bastado emplear locomotoras más largas y no más anchas.

Esta ha sido una de las evoluciones reseñables en la implantación de la alta velocidad, ya que se llegó a la conclusión de que una línea de ancho internacional sería acertada, ya que permitiría aprovechar trenes e instalaciones probadas en Europa, e incluso que en un futuro no muy lejano, se produzca una comunicación directa de la red de ferrocarriles española con la de países vecinos.

El otro cambio reseñable ha sido la evolución en el sistema de tracción de las locomotoras, ya que un inconveniente de la locomotora de vapor es la interrupción del servicio por las paradas técnicas que impone su frecuente mantenimiento. Por esta causa y por la fuerte competencia del transporte por carretera surgida en la segunda mitad del siglo XX, el transporte por ferrocarril tuvo que reajustar sus costes, operación que se vio favorecida con la utilización de nuevas energías como alternativa al vapor.

El primer paso fue la utilización de locomotoras equipadas con motor diesel, ya que precisaban menor tiempo de mantenimiento, pero sobre todo el paso más importante fue el uso de máquinas de tracción eléctrica, que pueden funcionar sin descanso durante días.

Con estas locomotoras, la explotación de una línea llega al máximo rendimiento al hacer los trenes mayor número de viajes con tiempo mínimo de entretenimiento. Con este principio económico comenzó la decadencia del vapor en favor, primero del diesel y más tarde desembocó en la electrificación de las líneas, además de que debido a que la energía eléctrica es una energía renovable, se provee una sostenibilidad del medio ambiente.

Así mismo, y para adecuarse a los distintos medios de propulsión, el medio ha sufrido numerosas transformaciones, tanto en la modernización de las vías como en la señalización, por lo que se ha logrado que en trenes de largo recorrido además de que se mantenga un tráfico frecuente y regular, se haya aumentado la velocidad llegando en nuestro país actualmente a sobrepasar los 300 km/h.

Mirando hacia un futuro, se han realizado estudios en los que se demuestra que la adherencia de las ruedas de acero sobre los raíles disminuye notablemente a velocidades superiores a los 350 km/h, por lo que la seguridad impone un límite que hay que salvar. La esperanza reside en una tecnología que permita que el tren levite, para así poder alcanzar los 500 km/h, ya que los trenes no son frenados por la fricción de los carriles, sino que se desplazan sobre ellos sin tocarlos.

Este sistema de levitación magnética permite radios de curvas mucho menores y pendientes muy superiores a mayores velocidades, lo que se traduce en unos costes mucho menores de la obra civil necesaria, además de que ya no se precisa una línea de catenaria. El único inconveniente que presenta, es que la inversión inicial es mucho mayor.

Por el momento, esta técnica se emplea en una única línea comercial en Shanghai, circulando a una velocidad máxima de 430 km/h, aunque en España se pretende realizar un par de líneas de prueba en las proximidades de Madrid.

A continuación se muestra una tabla evolutiva del mundo ferroviario en nuestro país:

TIPO DE TRACCIÓN	FUENTE DE ENERGÍA	ANCHO DE VÍA	POTENCIA DESARROLLADA	VELOCIDAD MÁXIMA	ÉPOCA
VAPOR	Carbón, Madera, Gasol, Biomasa, ...	Nacional	Hasta 2000 C.V.	90 km/h	1848 1961
DIESEL	Gasóleo	Nacional	Hasta 3400 C.V.	200 km/h	1931 2009
ELÉCTRICO	Electricidad	Nacional	Hasta 7614 C.V.	220 km/h	1907 1996
ELÉCTRICO ALTA VELOCIDAD	Electricidad	Nacional Internacional	Hasta 11965 C.V.	350 km/h	1992 2009
LEVITACIÓN	Electromagnetismo	Internacional	Hasta 26648 C.V.	580 km/h	1984 2009

Cuadro nº 1, Tabla evolutiva del ferrocarril en España, Elaboración propia

Al contrario de lo que piensan muchas personas, no sólo existen dos líneas de alta velocidad en nuestro país, sino que actualmente existen en servicio para uso comercial las siguientes líneas de alta velocidad:

- ✓ L.A.V. Madrid – Sevilla. 1992
- ✓ L.A.V. Madrid – Zaragoza – Lérida. 2003
- ✓ L.A.V. Madrid – Toledo. 2005
- ✓ L.A.V. Zaragoza – Huesca. 2005
- ✓ L.A.V. Lérida – Tarragona. 2006
- ✓ L.A.V. Córdoba – Antequera. 2006
- ✓ L.A.V. Madrid – Segovia – Valladolid. 2007
- ✓ L.A.V. Antequera – Málaga. 2007
- ✓ L.A.V. Tarragona – Barcelona. 2008
- ✓ L.A.V. Figueras – Perpiñán. 2009

La unión de varios de los tramos anteriormente citados, trae consigo las dos líneas más conocidas de nuestro país, como son:

- ✓ L.A.V. Madrid – Málaga, inaugurada en Diciembre del 2007.
- ✓ L.A.V. Madrid – Zaragoza – Barcelona, inaugurada en Febrero del 2008.

Además, existen dos líneas que poseen tramos aptos para circular a una velocidad de 220 km/h, el corredor del Mediterráneo (Tarragona – Alicante) y el corredor de Levante (Alcázar de San Juan – Alicante) que se pueden considerar también de líneas de alta velocidad, como son:

- ✓ Corredor del Mediterráneo (Alcázar de San Juan – Albacete – Alicante – Valencia – Castellón – Tarragona). 1996 - 2006

En el siguiente mapa de España se pueden observar todas las líneas comentadas, así como las que se encuentran en estudio:

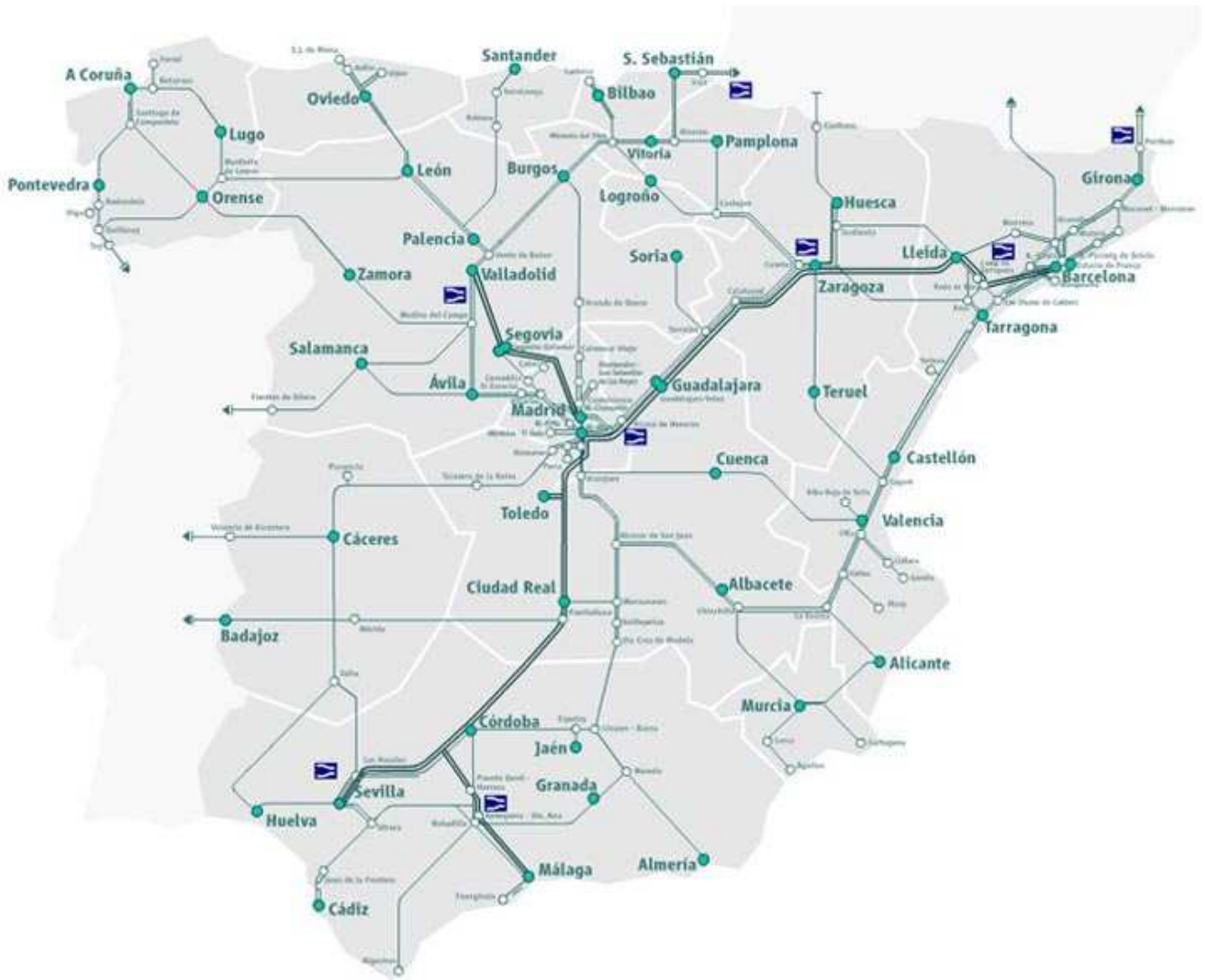


Figura nº 1, Mapa líneas Alta Velocidad España, Peh 2010

La Asociación europea ferroviaria FERRMED quiere unir el corredor del Mediterráneo con la futura Línea Madrid – Perpiñán, por lo que propone una implantación del ancho internacional en todo el corredor, con líneas segregadas de viajeros y mercancías para así descongestionar el tráfico ferroviario.

2.- SISTEMAS DE CONTROL Y GESTIÓN DEL TRÁFICO

El tráfico ferroviario ha de ser gestionado y controlado mediante algún sistema que garantice la mayor seguridad en las circulaciones.

Estos sistemas de seguridad, conocidos con el acrónimo ATP (Protección Automática del Tren), supervisan la circulación de una máquina ferroviaria y determinan su velocidad en cada momento en función de la señalización, la infraestructura y la geometría de la vía.

En nuestro país, el primer sistema que se empleó fue el sistema ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático), que ofrece información puntual, por lo que el ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias) no lo considera ATP, sin embargo, algunas organizaciones consideran sistemas relativamente simples como el ASFA como ATP y así figura en documentos oficiales de la Unión Europea, por dicho motivo, además de porque es el propio de nuestro país, en este documento también lo analizaremos.

Podemos diferenciar entre dos sistemas de ATP, según el sistema que utilice para la transmisión de información desde la vía hasta la máquina:

- Con transmisión puntual de información: EBICAB, la información es otorgada a la máquina en determinados puntos llamados balizas.
- Con transmisión continua de información: LZB, TVM, BACC y ERTMS, la información es recibida por la máquina de manera continua, bien sea por medio del raíl, de un medio conductor o de radio.

2.1.- ASFA

El sistema ASFA entró en servicio en nuestro país en el año 1978.

Este sistema basa su funcionamiento en la comunicación desde la vía con cada una de las circulaciones y está compuesto por equipos instalados en vía (emisores) y equipos instalados en el tren (receptores).

Los primeros informan al tren al paso por determinados puntos, denominados balizas, del estado de las señales y de las restricciones de velocidad que puedan afectar a dicha circulación.

El equipo instalado en el tren transmite esa información al maquinista, que tiene que reconocer la recepción de la información. Si por algún motivo, transcurridos unos segundos desde la recepción, no se produjera dicho reconocimiento, el equipo ASFA ordena automáticamente al tren que se detenga actuando sobre el freno de emergencia, provocando que el maquinista no pueda actuar sobre los sistemas de tracción del tren hasta que éste circule a una velocidad inferior a 5 km/h o esté detenido completamente.

2.1.1.- BALIZAS

Equipos de señalización que por medio de ondas electromagnéticas proporcionan la información necesaria al tren para su seguridad en el trayecto.

Las balizas son sistemas pasivos que no necesitan alimentación para realizar la transmisión de la información, aunque sí para variar la información a transmitir. Esta alimentación es proporcionada por las cajas de conexión, que además de alimentar la baliza, le transfieren a ésta la información de la señal, para que la baliza se la envíe al tren.

Las balizas se encuentran en el plano de la vía y en el sentido de la circulación situadas una en el pie de señal y otra, denominada previa, normalmente situada a 300 metros de la señal, aunque esta distancia puede variar dependiendo de la declividad de la línea entre 190 y 480 metros.



Figura nº 2, Baliza ASFA, Curso ferroviario 2009

El funcionamiento se basa en un circuito resonante con acoplamiento magnético que emite a 9 frecuencias diferentes, entre 55 khz y 115 khz, pudiendo de este modo llegar a transmitir hasta 9 datos diferentes, uno por frecuencia. De estas posibles frecuencias, únicamente se utilizan 5 de las 9 disponibles, para transmitir las siguientes indicaciones:

- L1: Anuncio de parada, anuncio de precaución, preanuncio de parada, anuncio de parada inmediata, paso a nivel desprotegido, anuncio de limitación de velocidad temporal inferior a 50.
- L2: Vía libre condicional.
- L3: Vía libre, paso a nivel protegido.
- L7: Control de velocidad (Indicación de parada en baliza previa).
- L8: Parada (en baliza de Pie de Señal).

2.1.2.- EQUIPO RECEPTOR

El equipo instalado consta de un captador, que se sitúa en la parte inferior del tren en su parte delantera, al cual se le conecta un oscilador que oscila a una frecuencia permanente que no transmite información relevante para la circulación.



Figura nº 3, Captador de ASFA, Curso ferroviario 2009

Cuando el captador pasa sobre una baliza, el oscilador pierde la frecuencia permanente y pasa a oscilar a la frecuencia de resonancia del circuito de la baliza, recibiendo la información del aspecto de la señal asociada a la baliza.

Dicha frecuencia es traducida por el sistema a bordo del tren para que el maquinista pueda actuar según le indique el aspecto que figure en la señal.



Figura nº 4, Sistema de a bordo ASFA, Curso ferroviario 2009

2.1.3.- SEÑALES

El sistema de señalización de la red ferroviaria se basa en cinco colores y en sus diferentes combinaciones:

- Verde: Vía libre.
- Ámbar: Precaución.
- Verde - Ámbar: Limitación de velocidad.
- Rojo: Parada.
- Rojo - Blanco: Maniobras.
- Rojo - Blanco direccional: Entrada estrelladero (fin de vía).
- Rojo - Azul intermitente: Vía libre para circulaciones con ERTMS N1.
- Rojo - Azul: Vía libre para circulaciones con ERTMS N2.

Existen diferentes tipos de señal, dependiendo de su ubicación en la vía:

- Entrada: situada en la entrada de una estación o apartadero.
- Salida: situada en la salida de una estación o apartadero.
- Bloqueo: situada en un puesto de bloqueo local (para que la distancia entre estaciones o apartaderos no sea muy elevada).
- Avanzada: situada a una distancia prudencial de las señales de entrada y bloqueo.

El sistema de señalización consta de la posibilidad de funcionamiento en dos valores de consumo, para que durante el día los focos consuman una mayor cantidad de corriente y proporcionen mayor luminosidad y puedan ser vistos por los conductores, y durante la noche, al no necesitar tanta luminosidad, consuman menos corriente y tengan menor gasto energético.

Existen cinco versiones diferentes del sistema ASFA:

- ASFA clásico: el primero implantado en nuestro país y que controla los trenes hasta una velocidad de 160 km/h.
- ASFA FAC: versión de los equipos de FGC (Ferrocarriles de la Generalitat de Cataluña).
- ASFA 200: avance del ASFA clásico y que permite el control hasta 200 km/h.
- ASFA 200 AVE: último y más avanzado tipo de ASFA en operación. Es apto para las líneas de Alta Velocidad que permite operar hasta los 250 km/h.
- ASFA digital: el término digital, se refiere al proceso de los datos y no a la transmisión de los mismos por parte de las balizas, ya que sigue siendo un solo mensaje por frecuencia.

La implantación consta de dos fases:

- La primera, denominada “ASFA digital modo básico”, empezó a entrar en funcionamiento en septiembre del 2007 y consiste en la incorporación de hardware de tecnología digital en parte de los equipos embarcados, para supervisar la velocidad de la circulación tras reconocer una señal y así poder aplicar una verdadera curva de frenado, así como una nueva iconografía en una pantalla que recuerda al maquinista en todo momento la señal que ha reconocido, para no permitir posibles errores en la interpretación.
- La segunda fase, que requiere cambios en los equipos de tierra, permitirá utilizar las diferentes nueve frecuencias disponibles. De este modo se podrá indicar de manera separada las indicaciones de “paso a nivel protegido”, "anuncio de precaución", "baliza previa de señal de salida en indicación de parada" e "indicación de preanuncio de parada".

Este sistema persigue reducir el riesgo de accidente en un 60% y debería de ser el sistema de señalización utilizado en las líneas convencionales hasta la implantación del sistema de ERTMS, según indicó la nota de prensa que acompaña la entrada en servicio del “ASFA digital modo básico” en septiembre del 2007.

2.2.- EBICAB

El sistema EBICAB, desarrollado por la empresa BOMBARDIER, es un sistema de señalización con supervisión semicontinua de la velocidad mediante la transmisión de información puntual desde las balizas instaladas en vía y es el primer sistema ATP propiamente dicho instalado en nuestro país.

Existen dos versiones: EBICAB 700, instalado en Suecia, Noruega, Portugal y Bulgaria, y EBICAB 900, instalado en el Corredor del Mediterráneo. La única diferencia es que aunque ambos transmiten paquetes de información de 32 bits, en el EBICAB 700 solamente son útiles 12 bits.

El sistema de transmisión de paquetes es similar al del ASFA, ya que utiliza balizas en tierra que transmiten la información cuando son energizadas por la antena instalada en los bajos del tren.

Este sistema envía información mediante el sistema de múltiples objetos, ya que envía información de señalización sin necesidad de que exista una señal óptica. Mediante este sistema, se puede aplicar un perfil de frenado dinámico, ya que el tren recibe más puntos de información que si sólo se le envían desde los puntos en los que se encuentran las señales.



Figura nº 5, Baliza EBICAB, Ferropedia

2.3.- LZB

El sistema LZB, en alemán LinienZubBeeinflussung, o CAT, en español Conducción Asistida de Tren, es un sistema de seguridad de control de tráfico ferroviario, utilizado en ciertas líneas de alta velocidad de Alemania, Austria y España, en la línea de Cercanías Madrid C5 y en toda la red de EuskotrenBideak.

Consiste en la presentación al maquinista, de forma continuada, de toda la información necesaria para el manejo del tren, controlando a su vez los parámetros de velocidad para que, en caso de que se sobrepasara la misma, producir el frenado del tren.

El LZB elabora y emite por medio de Centrales, que controlan unos 60 km de vía en cada sentido, las órdenes de velocidad máxima permitida a cada tipo de tren. Estas órdenes son elaboradas continuamente basándose en la información recogida y transmitida a los trenes que se encuentran dentro del campo de actuación de cada Central a través de un Puesto de Mando Central mediante dos cables que se encuentran en la caja de la vía.

Estos cables, que se cruzan formando un bucle cada 100 metros, están situados, uno en el centro geométrico de la vía y el otro en la parte interna del carril derecho en el sentido de la marcha, siendo el uno emisor y otro receptor de información, para el intercambio de información mediante unas antenas situadas en los bajos de cada tren.



Figura nº 6, Cableado LZW, Todotren

La información que emite el tren indica datos fijos como el número de tren, la velocidad máxima a la que está permitida su circulación, la longitud del tren, el tipo de freno y el porcentaje de masa/freno, así como otros variables como la velocidad real y la situación en la línea.

A su vez, la Central LZW, transmite al tren la información correspondiente al perfil de la línea, limitaciones de velocidad y ocupación de los cantones, que determinan la velocidad y el lugar exacto donde ésta debe sufrir alguna modificación.

Cada 12 km se encuentra un Cambio de Zona de Identificación que posibilita la recuperación de la comunicación, caso de haberla perdido, o la entrada en transmisión si inicia el viaje.

Con todos los parámetros recibidos, el maquinista dispone en la cabina de cuatro magnitudes de conducción para los siguientes 12 km:

- Velocidad Real de Circulación
- Velocidad Consigna (máxima permitida en cada punto de la línea)
- Distancia a Meta (distancia hasta el punto donde se producirá un cambio de velocidad máxima)
- Velocidad a Meta (velocidad cuando llegue al Punto Meta).

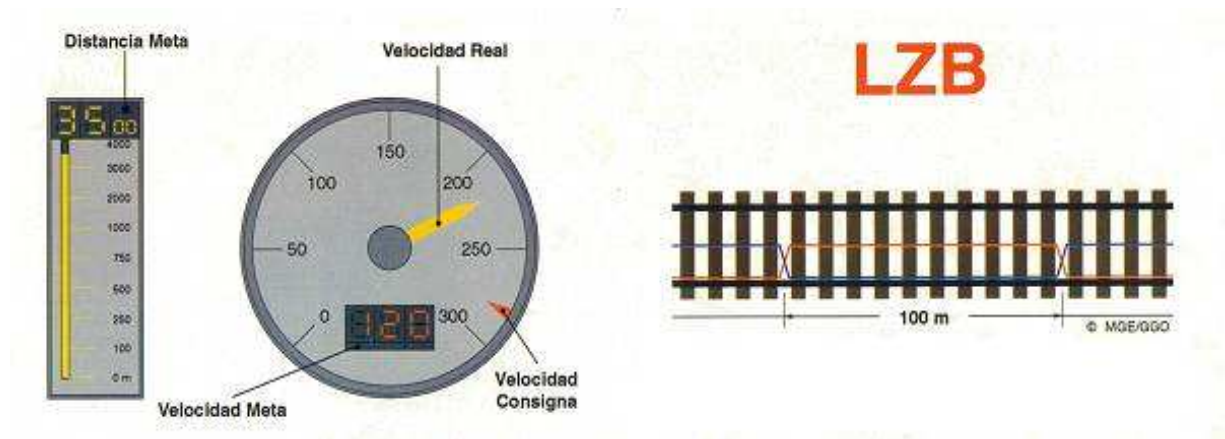


Figura nº 7, Panel de control del Maquinista, Todotren

También, el LZB permite la transmisión de órdenes al tren como cerrar las trampillas de recirculación del aire acondicionado para evitar los cambios de presión cuando se entra en un túnel o la entrada de malos olores en algunas zonas de la línea.

2.4.- TVM

El sistema TVM (Transmission Voie-Machine, o Transmisión Vía a Tren) es un ATP utilizado en las líneas de ferrocarril del TGV (Train à Grande Vitesse, o Tren a Gran Velocidad) en Francia.

La información es transmitida al tren mediante pulsos eléctricos, a través de circuitos de vía, informando de la velocidad, velocidad máxima o indicaciones de parada y arranque, directamente al cuadro de mandos de la cabina del tren.

Esta automatización no elimina al maquinista del control de conducción del tren, pero es un sistema de seguridad que sí puede detener el tren en caso de que el maquinista esté cometiendo errores.

Este sistema de señalización es normalmente permisivo, el maquinista del tren puede entrar en un bloqueo ocupado por otro tren sin haber obtenido ninguna autorización, aunque la velocidad en esta situación se limita a 30 km/h, y si la velocidad superara los 35 km/h, los frenos de emergencia actúan hasta que el tren se pare.

Existen dos versiones, el TVM-430 y el TVM-300, proporcionando el TVM-430 más información ya que es un sistema más nuevo. Entre los beneficios, el TVM-430 permite a la computadora de a bordo generar un control continuo de la curva de velocidad en caso de la activación del freno de emergencia.

2.5.- BACC

Este sistema de señalización italiano se basa en la transmisión de códigos binarios a través de los carriles, de modo que cuando el tren entra en una sección de bloqueo, conoce el aspecto de la señal con anticipación.

La vía está alimentada por una corriente alterna de bajo voltaje que se transmite de forma fija o interrumpida según la información que se le quiera dar al maquinista.

El tren posee en su parte inferior un captador compuesto por un núcleo magnético, de tal modo que cualquier interrupción en la corriente alterna genera otra igual en dicho captador que es descodificada y mostrada su traducción en el pupitre de conducción.

Normalmente se utilizan cuatro códigos diferentes para un total de cinco informaciones distintas, ya que la ausencia de código tiene también un significado, todas ellas mediante una corriente alterna de 50 Hz.

Para su aplicación en la alta velocidad italiana, el sistema utiliza nueve códigos, añadiendo a la corriente alterna de 50 Hz otra de 178 Hz que también se codifica. La velocidad máxima en esta infraestructura es de 250 km/h.

2.6.- ERTMS

El sistema ERTMS (European Rail Traffic Management System, Sistema de Gestión de Tráfico Ferroviario) nace en 1990 cuando el Instituto de Investigación Europeo (ERRI) crea el grupo de expertos A200, para desarrollar las exigencias del ECTS (European Control Train System, Sistema de Control de Trenes Europeo) con el objetivo de aumentar la interoperabilidad del transporte ferroviario.

Este sistema, ECTS, junto con el GSM-R (Global System Mobile Railway) conforman el sistema de gestión de tráfico ferroviario ERTMS.

El sistema ERTMS, adoptado por la Unión Europea como estándar para la circulación de Alta Velocidad, se basa en los principios de funcionamiento del ASFA, ya que la información se transmite a través de balizas ubicadas en la vía, y se recibe por el equipo receptor de abordó y/o mediante una señal de radio desde un puesto de control RBC (Radio Block Center), como se describirá a continuación.



Figura nº 8, Eurobaliza, Elaboración propia

Las balizas se encuentran colocadas a lo largo de la vía y pueden ser clasificadas en dos clases según sea su funcionalidad, ya que en su formato son idénticas y la única diferencia es si están o no conectadas al enclavamiento:

- Balizas fijas: poseen la información de los elementos de la vía que son inalterables, así como posicionamiento, distancias a túneles, estaciones, inclinación de la vía, ...
- Balizas conmutables: son aquellas que transmiten la información variable proporcionada desde el sistema de control, el estado de las señales, ...

La forma de activarse dichas balizas es similar a las del sistema ASFA, ya que, cuando el tren se coloca encima de ellas, la antena que se encuentra en la parte inferior del tren, emite una señal de elevada frecuencia que energiza la baliza y ésta como respuesta emite una señal, denominada telegrama (paquete de bits), en el que se encuentra toda la información necesaria para dar continuidad al recorrido, ya que en todos los telegramas se le indica al tren cual es la siguiente baliza que se va a encontrar, para así ir trazando un itinerario y que se pueda establecer una mayor velocidad y una curva de frenado mucho más progresiva.

Actualmente existen tres niveles de ERTMS:

- ERTMS Nivel 1: Utiliza la transmisión puntual de información al tren por medio de transpondedores pasivos (eurobalizas). Los circuitos de vía mantienen la integridad y posición del tren. Este nivel incrementa la seguridad en caso de señalización temporal de precaución y en áreas de restricción de velocidad. Adicionalmente, la señalización en cabina permite incrementar la velocidad de la línea.

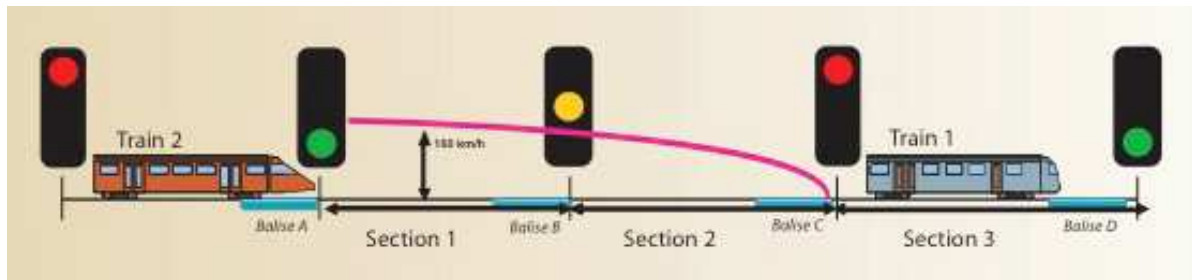


Figura nº 9, ERTMS Nivel 1, Wikia

Cuando el tren 2 pasa sobre la baliza A, recibe la información de circular a la máxima velocidad permitida hasta el final de la sección 2. En caso de que no recibiera ninguna información diferente en la baliza B, porque no se hubiera producido ningún cambio, el tren 2 frenaría para parar antes de la señal de la baliza C.

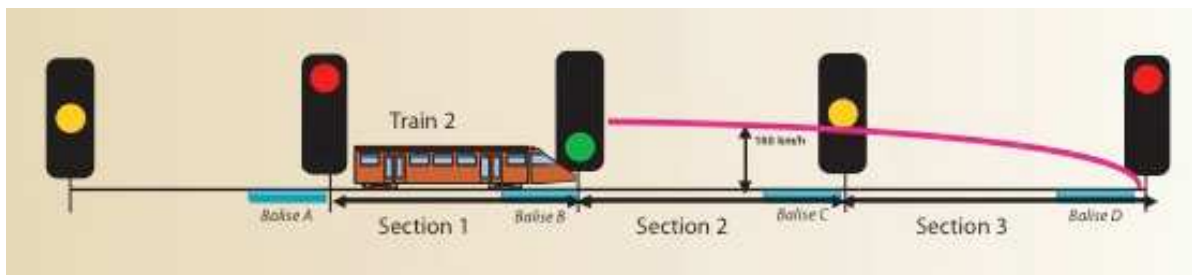


Figura nº 10, ERTMS Nivel 1, Wikia

En una situación normal, la figura nº 10, sería la continuación de la figura nº 9, ya que cuando el tren 2 pasara sobre la baliza B, el tren 1 habría liberado la sección 3, por lo que el tren 2 recibirá una nueva autorización para circular hasta la baliza D.

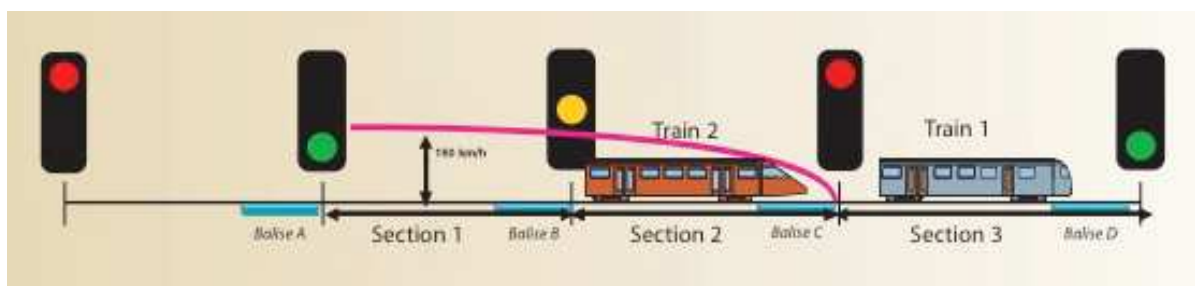


Figura nº 11, ERTMS Nivel 1, Wikia

Sin embargo, si por alguna razón, el tren 1 no hubiera liberado la sección 3, la baliza B confirmará la prohibición de circular más allá de la señal asociada a la baliza C, lo que implica que a partir de la baliza B el tren 2 disminuirá su velocidad progresivamente.

- ERTMS Nivel 2: Las señales fijas pueden ser total o parcialmente sustituidas por señalización en cabina. El RBC traza la localización de cada tren que se encuentra dentro de su radio de acción. El RBC determina y transmite una descripción de la vía y autoriza los movimientos, de forma individualizada para cada tren controlado. Puede incrementarse la velocidad, ya que el RBC puede inspeccionar varios cantones.

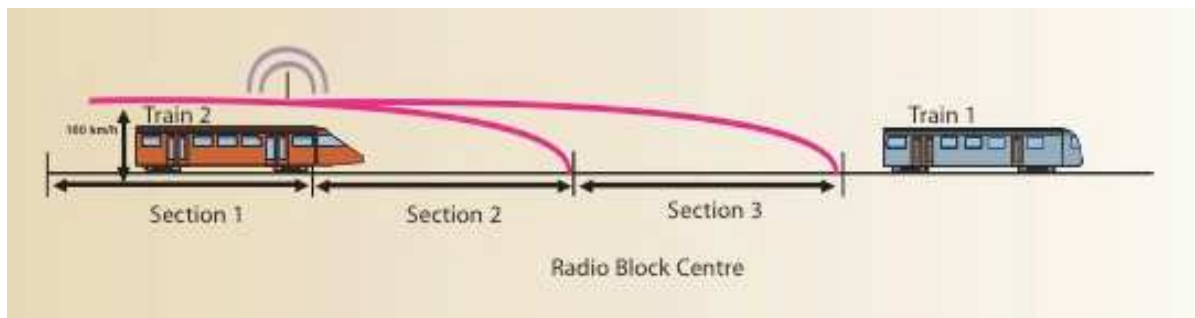


Figura nº 12, ERTMS Nivel 2, Wikia

La detección de la posición de los trenes se realiza mediante secciones, pero en este nivel el tren recibe por radio la autorización de avanzar, sin necesidad de tener que esperar a estar sobre una baliza, es decir, al final de cada sección, para refrescar su información.

- ERTMS Nivel 3: Adicionalmente a los dos sistemas anteriores, este nivel presenta funciones tales como la determinación activa de la distancia entre los trenes. No es necesario ningún tipo de sistema de señalización, ya que los trenes informan de manera activa sobre su posición al centro de control, desde el comienzo de la composición hasta el último de sus vagones. La principal ventaja del nivel 3 radica en la reducción de costes debido a la sustitución de la monitorización de la ocupación de vía y de la señalización lateral.

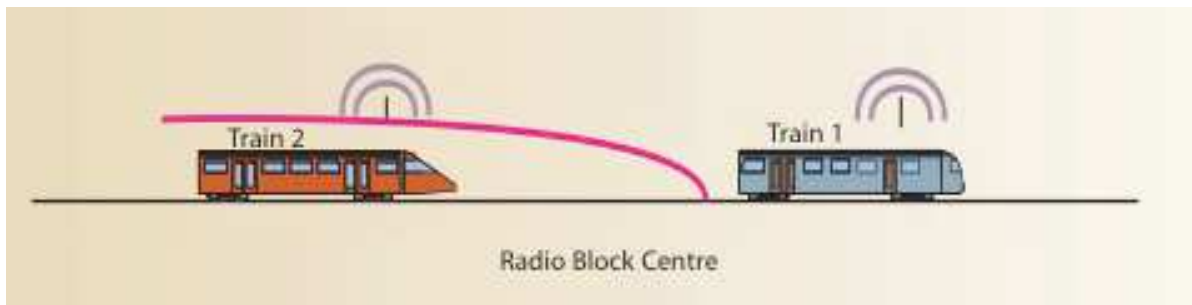


Figura nº 13, ERTMS Nivel 3, Wikia

En este nivel, los trenes enviarán ellos mismos su posición, lo que permite crear secciones móviles.

La diferencia entre estos sistemas no radica en la velocidad de los trenes, sino en la capacidad de servicio en cada nivel. El nivel 3 es aquel de máxima capacidad, pero aún no se encuentra en funcionamiento, sino que se encuentra bajo estudio.

Un ejemplo claro de la densidad de tráfico lo hallamos en la LAV Madrid-Lérida:

- ASFA: 220 km/h, 8' de intervalo entre trenes.
- ERTMS N1: 300 km/h, 5' 30" de intervalo entre trenes.
- ERTMS N2: 350 km/h, 2' 30" de intervalo entre trenes.

3.- CIRCUITOS DE VÍA

La vía férrea a lo largo de su longitud, se encuentra dividida en tramos, cada uno de los cuales se denomina circuito de vía. Cada tramo se encuentra separado del siguiente mediante una junta aislante, convirtiéndolos en una serie de circuitos eléctricos independientes.

La funcionalidad de éstos, es la de controlar la presencia o ausencia de material rodante en ese sector del trayecto. Como ya se ha comentado anteriormente, esta parte de la vía tiene una importancia fundamental en el control del tráfico ferroviario.

Actualmente son conocidos distintos tipos de funcionamiento de estos sistemas, pero la base de todos ellos es la de emisión-recepción. A continuación vamos a explicar brevemente cuales son las diferencias entre ellos.

3.1.- DE CORRIENTE ALTERNA

En un extremo de la sección encontramos una fuente regulada de tensión (emisor) y en el otro extremo un relé (receptor).

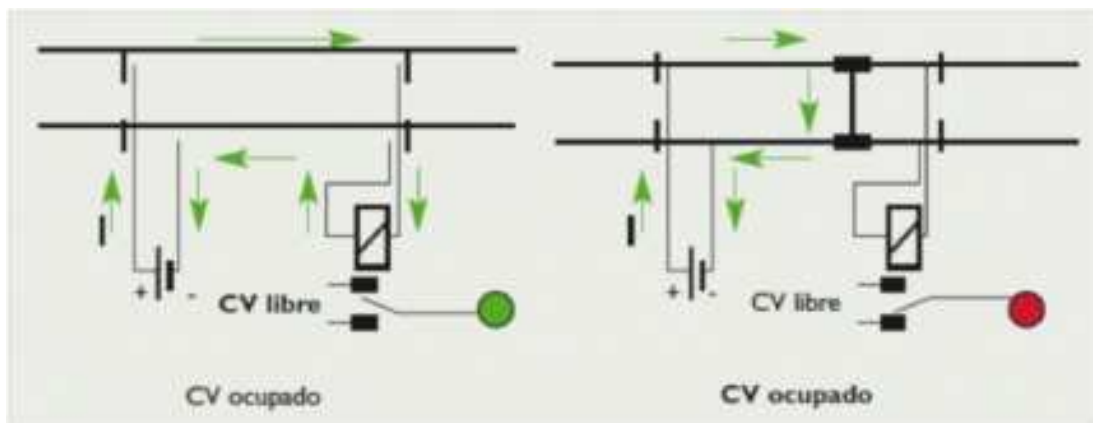


Figura nº 14, Circuito de vía de corriente alterna, Belt

Como se puede observar en la figura, se dispone de una fuente de tensión que proporcionará la tensión que el sistema necesite, de acuerdo a la distancia y a las pérdidas producidas.

La corriente circulará a través de los raíles hacia el receptor, una vez en éste, la caída de tensión existente, se transforma en la medida necesaria para la parte de control mediante un relé o un conjunto de ellos, que harán a su vez de salidas para informar al sistema del estado del circuito. De esta manera, una excitación o reposo del relé, informará de una existencia o ausencia de material rodante en dicho circuito.

La gran desventaja de este tipo de circuitos, es que la seguridad en la explotación de éstos, se ve afectada cuando el cortocircuito no llega a producirse debido a imperfecciones en el raíl, así como óxido, grava, arena, ...

Para evitar dichos problemas, la tensión que debería proporcionar el emisor ha de ser demasiado elevada, valores que hacen impensable la seguridad del personal de mantenimiento, así como el consumo de energía, debido a lo cual, estos circuitos han llegado a su desaparición.

3.2.- DE IMPULSOS DE TENSIÓN ELEVADA

Este sistema se basa en la emisión de cierto número de impulsos de corta duración y alto voltaje, durante cortos períodos de tiempo, asegurando así, que en la recepción se obtenga una tensión de cresta suficiente para activar el relé.

En este sistema encontramos, al igual que en el anterior, una fuente regulada de tensión en el emisor, junto con un sistema de emisión gobernado por un tiristor comandado por la base de tiempos. Cuando el tiristor entra a funcionar, permite una descarga a través de un condensador y a su vez sobre el primario del transformador.

En el otro extremo, encontramos el receptor que detecta los impulsos de tensión que le llegan, y tras la adaptación y rectificación de éstos, excita o relaja el relé.

Aún resuelto el problema del consumo de energía y seguridad del personal, se mantiene la situación de tener que separar cada sección de la trama por juntas aislante para evitar que la corriente se derive de un circuito a otro conllevando la consiguiente equivocación de la ocupación. Para ello, se utilizan los circuitos de audiofrecuencia.

3.3.- DE AUDIOFRECUENCIA

En este tipo de circuitos, así como la desaparición de la juntas, desaparecen también las impedancias, puesto que ahora cada una de las secciones emite a una frecuencia distinta, lo que conlleva que cada receptor únicamente reciba y actúe con la onda de la frecuencia que tiene establecida.

Cada fabricante puede emplear las frecuencias que mejor se adapten a sus equipos, no obstante, casi siempre estas frecuencias se encuentran contenidas en el rango 600-220000 Hz.

Otra ventaja que presenta este tipo de circuitos es que la modulación en frecuencia puede contener mucha información, información que puede ser detectada por el tren, y a través de un sistema digital por microprocesador, capaz de entregar al maquinista datos varios sobre su localización. Sin embargo, el sistema se basa en un control todo-nada, de acuerdo a la situación de ocupación del circuito.



Figura nº 15, Elemento circuito de audio frecuencia, Elaboración propia

Aunque este tipo de circuitos no necesiten la utilización de juntas aislantes, éstas sí que se instalan manteniendo entre cada dos una zona neutra, zona lo suficientemente pequeña para que el vehículo más corto sea detectado por uno u otro circuito.

4.- ENERGÍA

La energía necesaria para el funcionamiento de una máquina, puede llegar a esta por medio de dos sistemas de alimentación, mediante un tercer carril o mediante la catenaria.

El sistema del tercer carril consiste en un tercer raíl electrificado, desde el cual el tren es alimentado. Este carril se encuentra paralelo a la vía colocado sobre apoyos aislados que reposan sobre las traviesas, o bien, entre los raíles de circulación.



Figura nº 16, Tercer carril, Urbanity

Este sistema tiene tanto ventajas como desventajas. Entre las ventajas podemos mencionar:

- La gran rigidez, que impide las deformaciones con el paso del tiempo.
- La fácil captación por medio del tren.
- Su facilidad de instalación.
- Su bajo costo.

No obstante, al tener la alimentación a baja altura y cerca de tierra, la tensión de la línea no puede ser muy elevada, ya que si fuera más elevada, no sería ni segura ni eficiente. A esto, se añaden otros inconvenientes como el riesgo de electrocución, el estorbo en las estaciones, su imposibilidad de funcionamiento en corriente alterna, la influencia que tienen sobre él los agentes atmosféricos, y sobre todo, y el más importante, debido al bajo voltaje que soporta, son necesarias más subestaciones y por lo tanto, aumenta el coste material y energético.

Todos estos inconvenientes han llevado al sistema a caer en desuso, siendo sustituido casi en su totalidad por el sistema de alimentación por catenaria, que se describe a continuación. El sistema del tercer carril únicamente se encuentra en uso en líneas de tranvía.

El sistema de alimentación energético a lo largo de la línea de Alta Velocidad, se basa en la electrificación de la catenaria, línea aérea de contacto desde la que el tren toma la corriente, a través de un elemento situado en la parte superior del material rodante, denominado pantógrafo.

El pantógrafo consta de tres partes diferenciadas:

- Mesillas: pieza que recoge la corriente eléctrica y que está en contacto con la catenaria.
- Resorte: mecanismo que asegura el continuo contacto con la catenaria.
- Bastidor: pieza de unión y sujeción con la máquina.

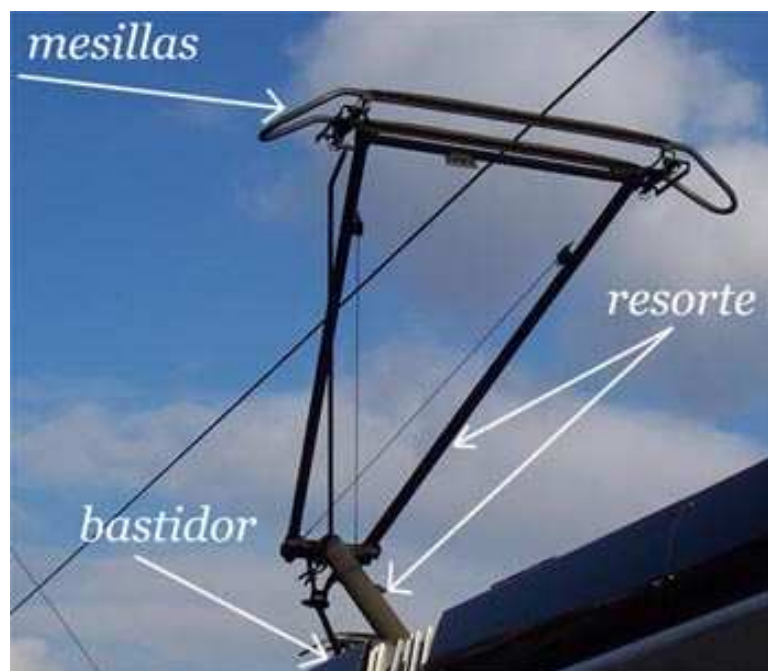


Figura nº 17, Partes del pantógrafo, Trenak

La catenaria consta de distintos elementos, que se pueden ver identificados en las siguientes figuras:

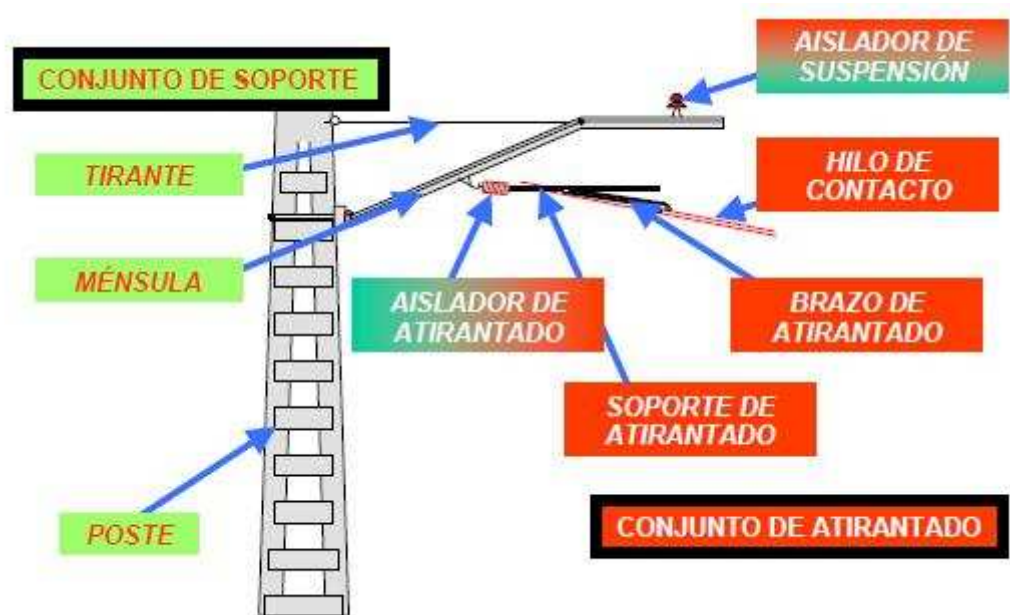


Figura nº 18, Partes catenaria 1, Formación ADIF

El conjunto de soporte no posee tensión y está formado por:

- Poste: soporte metálico o de hormigón vertical sobre el que se realiza el montaje del resto de componentes.
- Ménsula: soporte metálico unido al poste, encargado de sostener la catenaria.
- Tirante: elemento de unión poste-ménsula que favorece al comportamiento mecánico del sistema.
- Aislador de suspensión: pieza de porcelana o vidrio que sirve de aislante eléctrico.

El conjunto de atirantado sí que posee tensión y está formado por:

- Hilo de contacto o catenaria: cable del que toma la corriente el pantógrafo.
- Brazo de atirantado: nexo de unión entre el hilo de contacto y el soporte, que permite el zigzagado de la catenaria, a fin de aprovechar toda la longitud de la pletina del pantógrafo en su roce con la catenaria, para conseguir que su desgaste sea uniforme.
- Soporte de atirantado: mantiene unido el brazo de atirantado a la ménsula.
- Aislador de atirantado: separa eléctricamente el conjunto de atirantado de la ménsula y el poste.

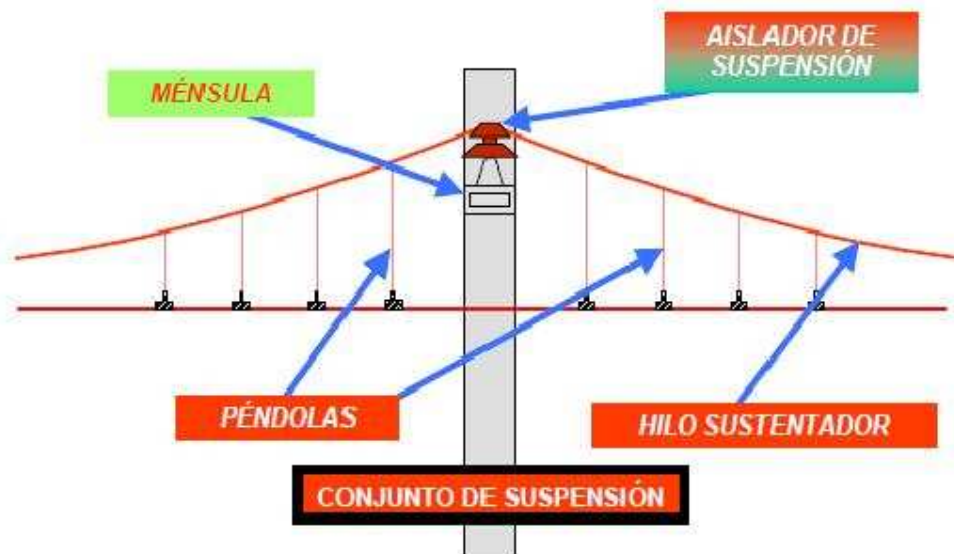


Figura nº 19, Partes catenaria 2, Formación ADIF

El conjunto de suspensión, también expuesto a tensión, está formado por:

- Hilo sustentador: conductor que soporta los hilos de contacto de los que el material motor capta la corriente.
- Péndolas: conductores que permiten la unión mecánica y eléctrica entre el sustentador y el hilo de contacto, manteniendo éste último en un plano horizontal.



Figura nº 20, Partes catenaria 3, Formación ADIF

Y por último, el conjunto de compensación, que tampoco posee tensión, formado por:

- Polea.
- Contrapeso.

Y los distintos tipos de catenaria que existen:

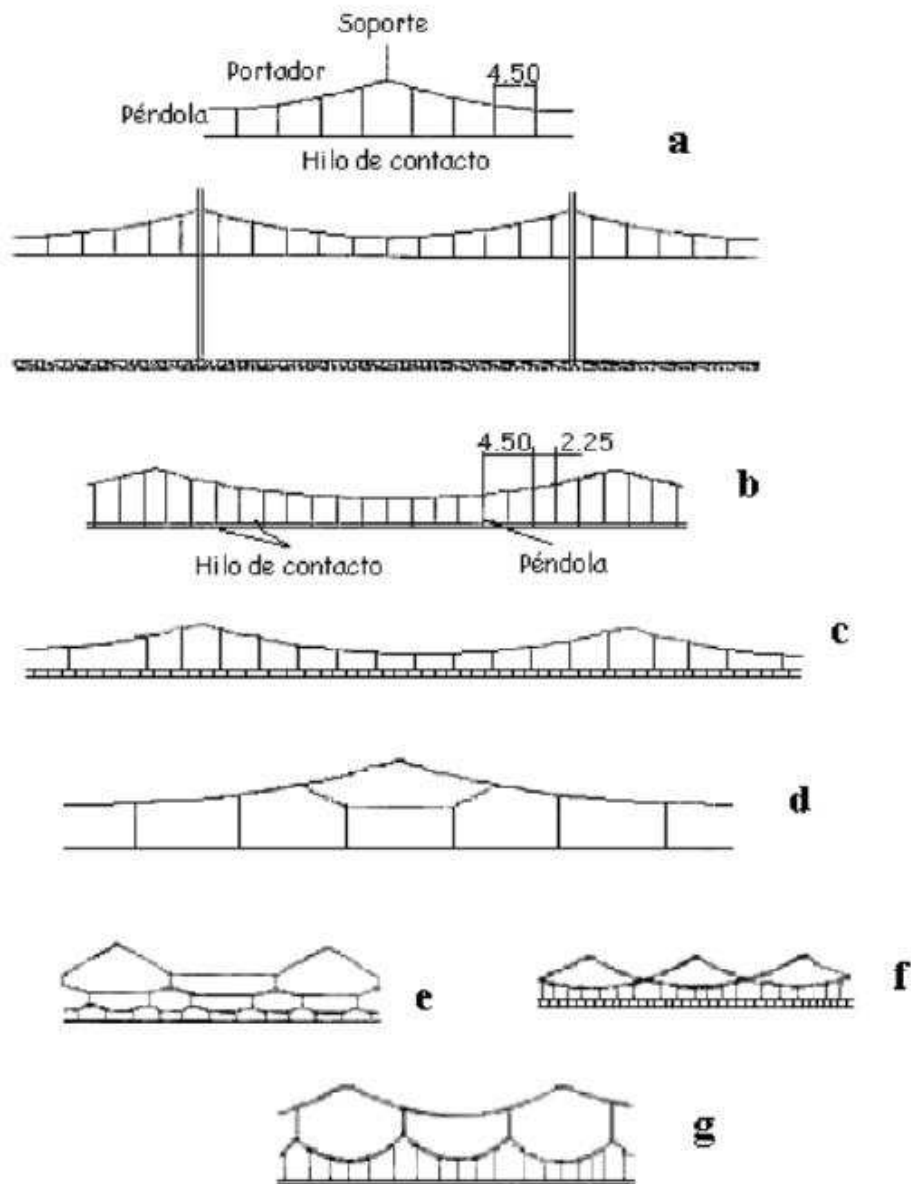


Figura nº 21, Tipos de catenaria, Formación ADIF

- a. Catenaria ligera: un único conductor, indicada para velocidades inferiores a 60 km/h.
- b. Catenaria simple: un único conductor, indicada para velocidades inferiores a 80 km/h.
- c. Catenaria compuesta: denominada así, al estar el cable conductor colgado de otro llamado sustentador.
- d. Catenaria monofásica: indicada cuando la corriente es monofásica, la presión del pantógrafo también lo ha de ser. Si el tren ha de ir a más de 120 km/h se utiliza la suspensión en Y.
- e. Catenaria de malla.
- f. Catenaria de sustentadores alternos.
- g. Catenaria de sustentador subdividido.

La catenaria la encontrarse sometida a tan alta tensión, debe disponer de distintos sistemas de protección como son:

- La conexión a tierra de todos los postes o en su defecto de las ménsulas.
- Como protección contra sobrecargas existen descargadores en antenas y aisladores.
- Pararrayos para las descargas atmosféricas.
- Aisladores para inhibir cualquier paso de corriente desde la catenaria al poste.

Así mismo, es importante tener en cuenta la corriente de retorno, esta corriente puede provocar graves daños tanto en personas como en instalaciones, para ello, hay que colocar elementos capaces de absorber dicha corriente derivando ésta a tierra, evitando posibles accidentes. Un elemento de estas características, se puede observar en la siguiente figura:



Figura nº 22, Elemento de retorno, Elaboración propia

Para la electrificación de la catenaria, hay emplazadas en todas las líneas que utilizan este sistema de electrificación una serie de subestaciones que a partir de la red general de nuestro país proveen al sistema de cuánta energía sea necesaria.

En la línea de alta velocidad Madrid-Lérida encontramos 15 subestaciones que proporcionan una tensión de 25 Kv a 50 Hz, tanto durante el día como durante la noche, para el funcionamiento tanto de circulaciones de trenes como de todos los sistemas emplazados, para garantizar el buen funcionamiento de las instalaciones.

En las dos grandes líneas de Alta Velocidad existentes en España, existen diferentes tipos de alimentación mediante catenaria, ya que mientras que en la línea Madrid-Sevilla se utiliza una configuración de 1x25, en la línea Madrid-Lérida, la alimentación es 2x25.

El sistema de 1x25 se basa en la electrificación de la catenaria mediante una sola fase de 25 Kv, de tensión nominal, mediante la disposición que se muestra en la figura.

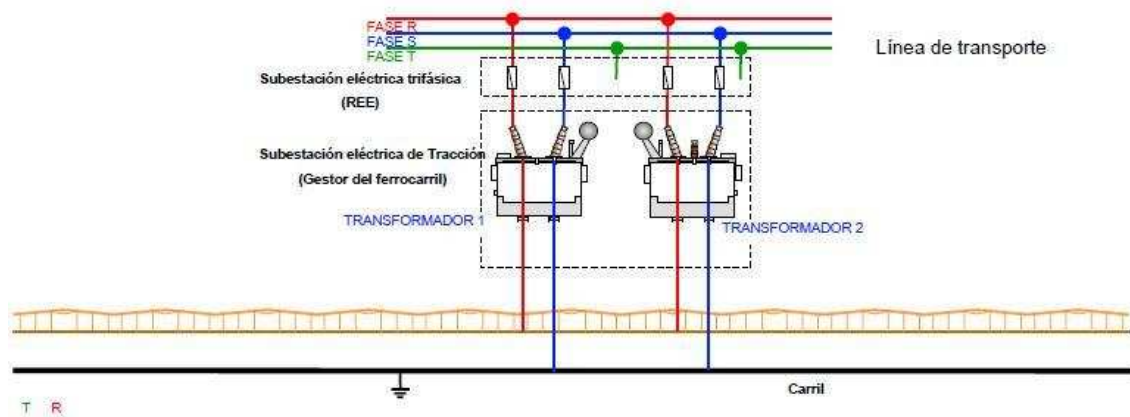


Figura nº 23, Alimentación 1x25 Kv, Formación ADIF

El sistema 2x25, por el contrario, se basa en la alimentación de unos auto transformadores, que reciben de las subestaciones una tensión trifásica de 50 Kv que convierten en 25 Kv, al igual que en el sistema anterior, con la diferencia de que cada uno de estos transformadores alimenta un tramo a ambos lados de su emplazamiento.

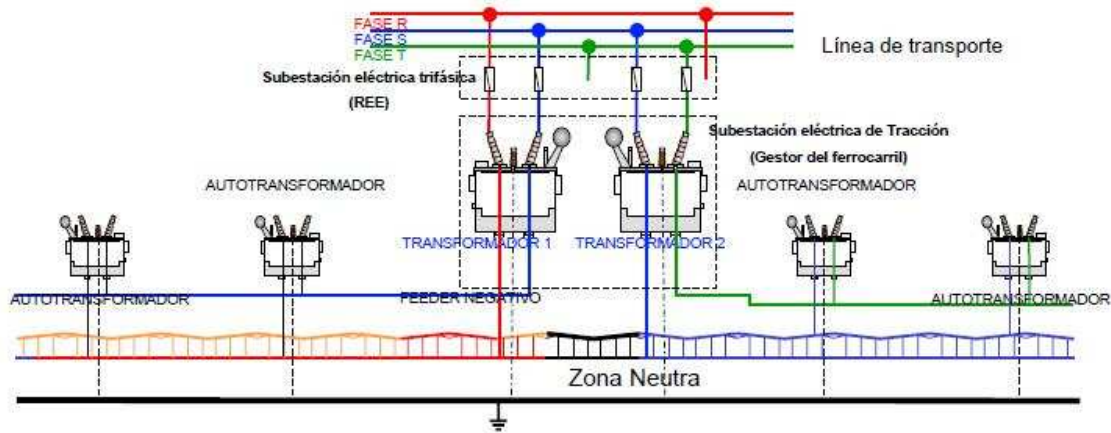
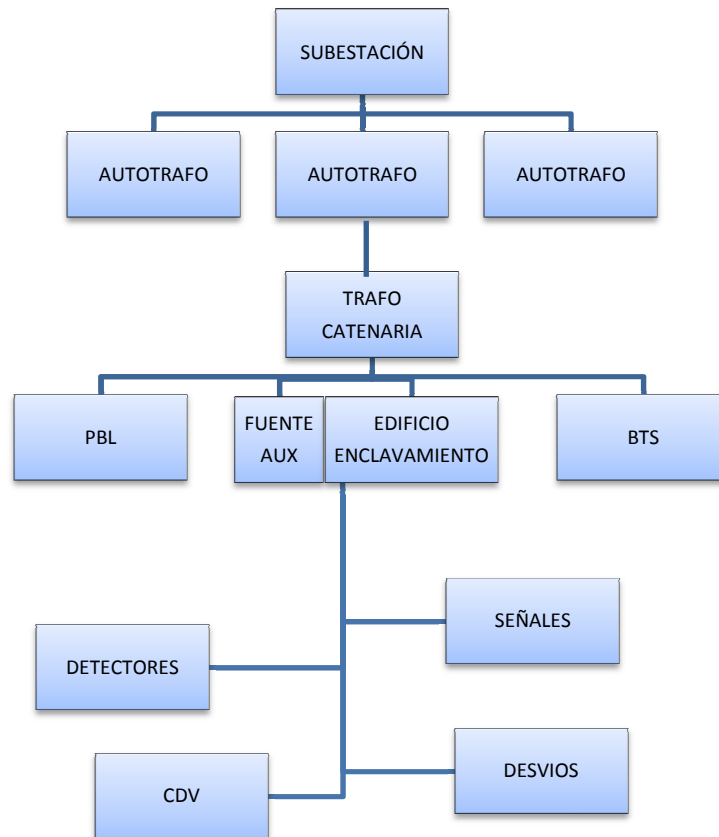


Figura nº 24, Alimentación 2x25 Kv, Formación ADIF

De los dos conductores que provienen de cada auto transformador, uno de ellos alimenta directamente la catenaria, y el otro discurre paralelo a éste (feeder), para sustituirlo en caso de que este fallara y evitar que la línea quedara sin suministro. Así mismo, como se ve en el esquema anterior, existen unas zonas muertas donde el tren circula por propia inercia, éstas tienen la misión de separar zonas electrificadas a distinta fase.

Todos los elementos, absolutamente todos, los que componen la línea, ya sea en un modo u otro, son alimentados desde la catenaria, pero como es lógico, no son alimentados a 25 Kv, así pues, se necesita de multitud de transformadores para poder garantizar tensiones de funcionamiento adecuadas a cada uno de los equipos. Para ello, podemos ver en el siguiente esquema, como a partir de la tensión provista desde la catenaria, se distribuye al resto de elementos.



propia

La tensión de la catenaria es transformada en el transformador de catenaria y reducida a la entrada de los edificios, así como a las estaciones de telecomunicaciones (BTS), y a los puestos de bloqueo (PBL).

Esta tensión es estabilizada y, mediante rectificadores y onduladores, se obtienen las distintas tensiones para alimentar los equipos de señalización y control de los elementos instalados en la vía. Del mismo modo, se alimenta tanto la parte de potencia como la parte de control.

Día y noche, ha de existir alimentación disponible para que los sistemas funcionen, tanto en el caso de que existan circulaciones, como si no las hubiese, por esta razón, y cuando es necesario realizar trabajos de mantenimiento en la catenaria, existe en todos los edificios de los enclavamientos, una fuente auxiliar de alimentación, un grupo electrógeno de gasóleo, el cual entra en funcionamiento automáticamente mediante el control de un PLC, que detecta el fallo de tensión principal (catenaria), y activa la entrada en funcionamiento de la fuente secundaria de alimentación.

Para una mayor seguridad, y para prevenir el supuesto caso en que la fuente secundaria fallase y alimentar el sistema durante la conmutación de la alimentación primaria a la secundaria, existe una tercera fuente de alimentación, pero en este caso de duración limitada, como es un conjunto de baterías tanto en edificios como en puestos de bloqueo, que en caso de fallo de alimentación primaria y secundaria, pasaría a ser fuente principal de suministro de energía de los equipos.

5.- COMUNICACIONES

La característica más importante que debe tener una línea de alta velocidad es la capacidad de poder centralizar los controles de situación de todas las circulaciones en un único punto.

Este control de las circulaciones se establece por tramos, dad unos de los cuales están controlados por un centro de regulación y control, CRC. Así mismo, cada tramo se subdivide en lo que se conoce como enclavamientos electrónico-mecánicos.

Cada enclavamiento se compone de distintas dependencias, cada una de las cuales controla una sección de éstos. Todas ellas están comunicadas en todo momento mediante equipos, con sistemas de redundancia, pues el fallo en una comunicación entre dependencias puede ser crucial para la seguridad de las circulaciones.

Cada dependencia es paso y origen de las órdenes del centro de control hasta los elementos del tramo que controlan.

Así mismo, existe una única red privada, a la cual se conectan todos los equipos de mando y control, red que distribuye la información a través de la vía mediante fibra óptica, fibra que se convierte en cada una de las dependencias mediante distintos convertidores, según sea su destino.

Desde que se instauró la comunicación en el ferrocarril, cada operador nacional de ferrocarriles ha tenido al menos un sistema de comunicación de radio propio, con multitud de modulaciones y códigos. Debido al hecho de que las líneas férreas han ido aumentando en todos los países y cruzando fronteras, se hizo necesario el determinar un sistema estándar de radiocomunicaciones para todos los trayectos ferroviarios de Europa.

En el año 1993, al organización mundial de cooperación de ferrocarriles, UIC, decidió optar por un nuevo sistema basado en la tecnología GSM 900, pero ligeramente modificada. 32 operadores de ferrocarriles, pertenecientes a 24 países europeos, acordaron en la EIRENE (European Integrated Railway radio Enhanced Network) desarrollar la tecnología GSM-R.

Esta tecnología comenzó a aplicarse en España en la línea Madrid-Barcelona y dispone de unas frecuencias específicas, que le permiten operar con total independencia y no intervenir en el resto de bandas comerciales.

El hecho de ser una red “privada”, le permite poseer las ventajas de disponer y configurar distintos niveles de prioridad en las llamadas, así como el enrutamiento deseado de éstas.

Como se describió anteriormente, las líneas de alta velocidad en nuestro país, se rigen por el sistema de ERTMS nivel 1, basado en la gestión y control del tráfico ferroviario, mediante circuitos de vía para la detección de la ocupación, señalización y comunicación entre tren y vía mediante balizas.

Sin embargo, este sistema como cualquier otro, tiene la mejora de pasar a un segundo nivel, donde desaparecen las señales, las balizas pasan a un segundo plano con una menor importancia y entran en juego las telecomunicaciones.

Este sistema, como se ha explicado anteriormente, no tendría cabida sin una continua comunicación entre estación y tren mediante un sistema embarcado y a través de la tecnología GSM-R.

6.- DETECTORES

Las situaciones críticas son más letales a altas velocidades y requieren de un mayor tiempo y distancia de frenado.

Como ayuda a la señalización y control de la vía, existen unos sistemas auxiliares en forma de detectores, para controlar distintos eventos que son de conocimiento fundamental en el sistema de control.

A continuación, se detalla el funcionamiento de los distintos tipos de detectores que se pueden encontrar a lo largo de la vía.

6.1.- DETECTOR DE CAÍDA DE OBJETOS

Situados en cada uno de los pasos a nivel donde exista o pueda existir riesgo de caída sobre la vía, así como en las bocas de túnel, pero no usados en saltos de carnero, conocidos como aquellos cruces de vías que se encuentran a distinto nivel.

Existen dos tipos de detectores de caída de objetos, diferenciados por su instalación y su tecnología.

El primer tipo de detector de caída de objetos, basa su funcionamiento en la emisión-recepción entre dos barreras situadas a sendos lados de la vía.



Figura nº 26, DCO tipo 1, Elaboración propia

El emisor, situado en una de las barreras, se encuentra emitiendo permanentemente unos haces electromagnéticos que el receptor, situado en la barrera opuesta, procesa. Así, si en cualquier momento la recepción no coincide con la establecida por el sistema, al encontrarse alguno de los haces cortado, el sistema emite una alarma al centro de control.

El otro tipo de detector, se encuentra situado en el paso a nivel, y basa su funcionamiento en un circuito de fibra óptica que atraviesa la barrera, y que si en algún momento se rompiese, generaría una alarma en el puesto de control.



Figura nº 27, DCO tipo 2, Logytel

6.2.- DETECTOR DE CAJAS CALIENTES

Cada cierto número de kilómetros, normalmente cuando el tren ha sido sometido a esfuerzos en su marcha, se localizan en la vía estos detectores, que ayudan al mantenimiento y prevención de los ejes y frenos de las circulaciones, cuya temperatura se controla al paso del tren por encima de los detectores, avisando en caso de medición anormal, para su revisión.

Basa su funcionamiento en la emisión de radiaciones de infrarrojos para controlar la temperatura en frenos y ejes, desde las cajas situadas bajo la vía, enviando estos datos a una central de base de datos y alarmas. La precisión de este sistema de medida es muy elevada.

El sistema se activa mediante sensores inductivos, también llamados pedales, que cuentan los ejes que tiene la circulación y ordenan mediante impulsos eléctricos a que la caja efectúe una medición por cada eje detectado. Cada caja está compuesta por tres sensores de temperatura, dos en cada una de las cajas de grasa del mismo y la otra en el freno existente, captando la temperatura de uno de los discos.

Cuando el centro de control recibe una alarma de exceso de temperatura, la reacción inmediata es la de actuar deteniendo el tren con el fin de evitar daños mayores, tanto en la máquina, como en la seguridad. Para poder reanudar la marcha, ha de ser el conductor el que se apeee de la máquina, compruebe la medida mediante un termómetro manual, para corroborar así que no haya sido un fallo de medición, y resetee el sistema volviendo de este modo a la marcha.



Figura nº 28, DCC, ITSS

6.3.- DETECTOR DE IMPACTOS EN VÍA

El detector de impacto en vía, permite detectar en tiempo real las posibles irregularidades geométricas de las ruedas, el exceso de peso por eje o el desequilibrio de carga por eje, al paso de los trenes por un punto determinado. Existe un detector de este tipo en cada vía.

Se encuentran localizados en distintos lugares de la vía, consistiendo en traviesas-cajón, colocadas alternativamente con traviesas normales. La tecnología en la que basan su funcionamiento es la de galgas extensiométricas, que detectan cualquier tipo de irregularidad emitiendo una señal de alarma para actuar en consecuencia.

Para que el sistema sepa cuándo va a tener que tomar las mediciones necesarias, este detector utiliza el mismo sistema que el anterior, ya que dispone de pedales de conteo de ejes a ambos lados del detector de impactos en vía.

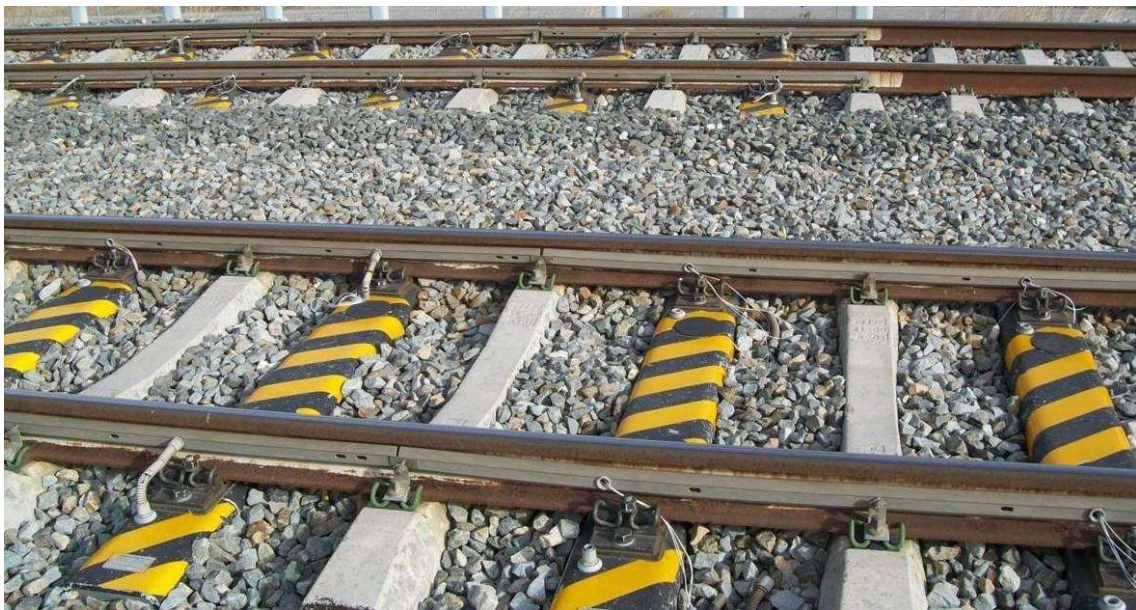


Figura nº 29, DIV, Elaboración propia

6.4.- DETECTOR DE CAÍDA DE PANTÓGRAFO

Conocido como detector de comportamiento dinámico del pantógrafo, es el encargado de comprobar el estado útil en que se encuentra el captador de energía.

Se encuentra localizado en lo alto del poste de catenaria, para realizar la medición al contacto, y basa su funcionamiento en la medición de la elongación del hilo de contacto mediante un extensómetro, así, como el óptimo contacto entre el hilo y el pantógrafo. La forma de medición se halla considerando las elongaciones del movimiento sinusoidal.

También se sitúan pedales de contaje de impulsos en el tramo de vía donde encontramos este detector.



Figura nº 30, DCDP, Elaboración propia

6.5.- DETECTOR DE OBJETOS ARRASTRADOS

Basa su funcionamiento en unos pulsímetros situados en la vía, encargados de transformar los posibles impactos en voltaje, dando así a conocer la existencia de cualquier objeto arrastrado por el tren, así como la posible existencia de un eje descarrilado.

Cada sensor incorpora una traviesa donde se encuentran alojados los pulsímetros. La situación óptima para su localización, es a la entrada de un viaducto, aunque no es este el único lugar donde se puede encontrar.



Figura nº 31, DOA, Elaboración propia

6.6.- DETECTOR DE VIENTO LATERAL

Su misión es la de informar de la predicción de la velocidad y dirección del viento en distintos puntos del trayecto a fin de limitar la velocidad de las circulaciones.

Basa sus predicciones en la medición de los siguientes parámetros meteorológicos: dirección y velocidad del viento, humedad relativa, temperatura y presión atmosférica.



Figura nº 32, DVL, Elaboración propia

6.7.- DETECTOR DE INCENDIO EN TÚNEL

Localizados en el interior de los túneles donde existe circulación ferroviaria y encargados de notificar la posible existencia de encontrar un túnel inaccesible por causa de un incendio.

Para la detección basa su funcionamiento en tres métodos diferenciados:

- Aumento rápido de la temperatura en uno de los tramos en los que se divide el fibroláser.
- Temperatura en uno de los tramos por encima de la media de temperaturas de los restantes.
- Rebase de una temperatura límite definida como de alarma.

El fibroláser es un sistema de detección lineal de temperatura mediante el uso de sensores de fibra óptica. Posee una precisión de 1-2 °C de temperatura de error.

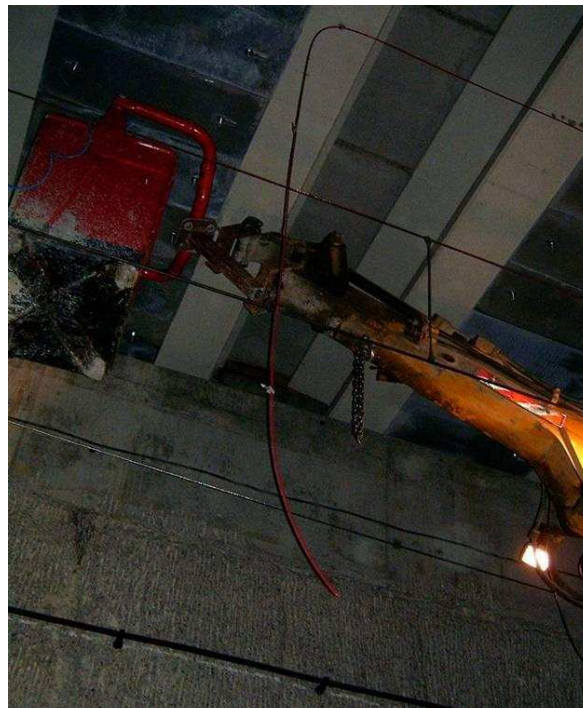


Figura nº 33, DIT, Elaboración propia

6.8.- DETECTOR DE FLUJO DE AIRE

Se sitúan en ambas bocas de un túnel para controlar la fuerza y dirección del flujo del aire exterior. Informan cuando una circulación se encuentra próxima a la entrada de un túnel, tanto de la velocidad como del sentido del viento.

Su mayor utilidad se da en el caso de la existencia de un incendio, para informar a los equipos de salvamento de la situación a encontrar en la boca del túnel, así como para limitar o no la velocidad de la circulación que se encuentra atravesando dicho túnel.

6.9.- OTROS DETECTORES

Análogamente a los detectores principales, se pueden encontrar otros sistemas de detección, que aún que menos relevantes, son de mucha importancia dentro del ámbito de la seguridad.

Alguno de ellos es:

6.9.1.- DETECTORES DE INTRUSIÓN

Los edificios e instalaciones a lo largo de la vía, alojan sistemas de control que deben ser supervisados para garantizar que, el acceso únicamente tiene lugar por personal autorizado.

Así mismo, encontramos en el interior de los edificios sistemas de detección y extinción de incendios, en el caso de que alguna instalación se encontrara bajo riesgo.

6.9.2.- SISTEMAS DE VIDEOVIGILANCIA

Las instalaciones se encuentran vigiladas en todo momento mediante redes de cámaras controladas desde un centro de seguridad. Éstas, se encuentran instaladas en sitios estratégicos para abarcar el máximo campo visual de vigilancia, y todas ellas se encuentran conectadas entre sí formando un anillo cerrado de comunicación.

Existe un centro de seguridad, denominado CPS, Centro de Protección y Seguridad, desde donde se gestionan todas las posibles intrusiones, así como todos los trabajos que se realizan a lo largo de las instalaciones o los posibles robos de los sistemas instalados.

7.- MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FERROVIARIO

Como cualquier pieza, sistema y/o instalación, todas las relacionadas al sistema de alta velocidad requieren de una supervisión, seguimiento y mantenimiento, con un único fin en concreto, el de mantener todas las instalaciones en condiciones de cumplir con la función para la cual fueron proyectadas, con la capacidad y calidad especificadas, teniendo siempre como prioridad la seguridad de las circulaciones y sus ocupantes.

Cuando se incide en el término mantenimiento, es necesario entender las tres variantes de éste que se pueden dar, y que están presentes en el ámbito:

7.1.- MANTENIMIENTO PREDICTIVO

En función del tipo de equipo y sus condiciones de funcionamiento, se trata de detectar un fallo antes de que se produzca.

Las principales ventajas de este tipo de mantenimiento son:

- Reduce los tiempos de parada.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica, como de forma puntual, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una instalación en momentos críticos.
- Confección de normas internas de funcionamiento o compra de nuevos equipos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico del sistema.

En el caso del mantenimiento de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona, por ejemplo, podemos referirnos como mantenimiento predictivo a la medición semanal de las tensiones de funcionamiento de las eurobalizas que posibilitan la circulación a elevadas velocidades.

Este mantenimiento se realiza teniendo unas tensiones de referencia para el correcto funcionamiento de las eurobalizas, ya que existe una tensión límite por debajo de la cual éstas no funcionan correctamente durante un tiempo, dándole mensajes de freno de emergencia al tren, para posteriormente dejar de funcionar.

Mediante este seguimiento, en el momento que la tensión comienza a bajar, se procede a su sustitución y así en ningún momento el tren recibe ninguna orden de frenado de emergencia.

7.2.- MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Tiene como misión la de prever los fallos, manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas, en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos y detectar los fallos en su fase inicial para poder corregirlas en el momento oportuno.

Sus principales ventajas son:

- Confiabilidad: los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, es decir, del tiempo de parada de los equipos o máquinas.
- Mayor duración de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencia de repuestos y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento, debido a una total programación de las actividades.
- Menor costo en las reparaciones.

En el caso del mantenimiento de la Línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona, por ejemplo, podemos referirnos como mantenimiento preventivo, a la medición de la tensión que devuelven los comprobadores de los motores de las agujas.

Este mantenimiento se realiza de manera que si el motor comprueba correctamente tiene que devolver una tensión estipulada, sin embargo, en el momento que esa tensión disminuye, quiere decir que el comprobador no funciona correctamente y si no se procede a su reparación finalmente dejará de comprobar y la aguja no podrá dar comprobación y provocará paros en las circulaciones.

7.3.- MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Cuando es inevitable prever un fallo, ya sólo queda corregirlo lo antes posible para evitar mayores averías y/o retrasos.

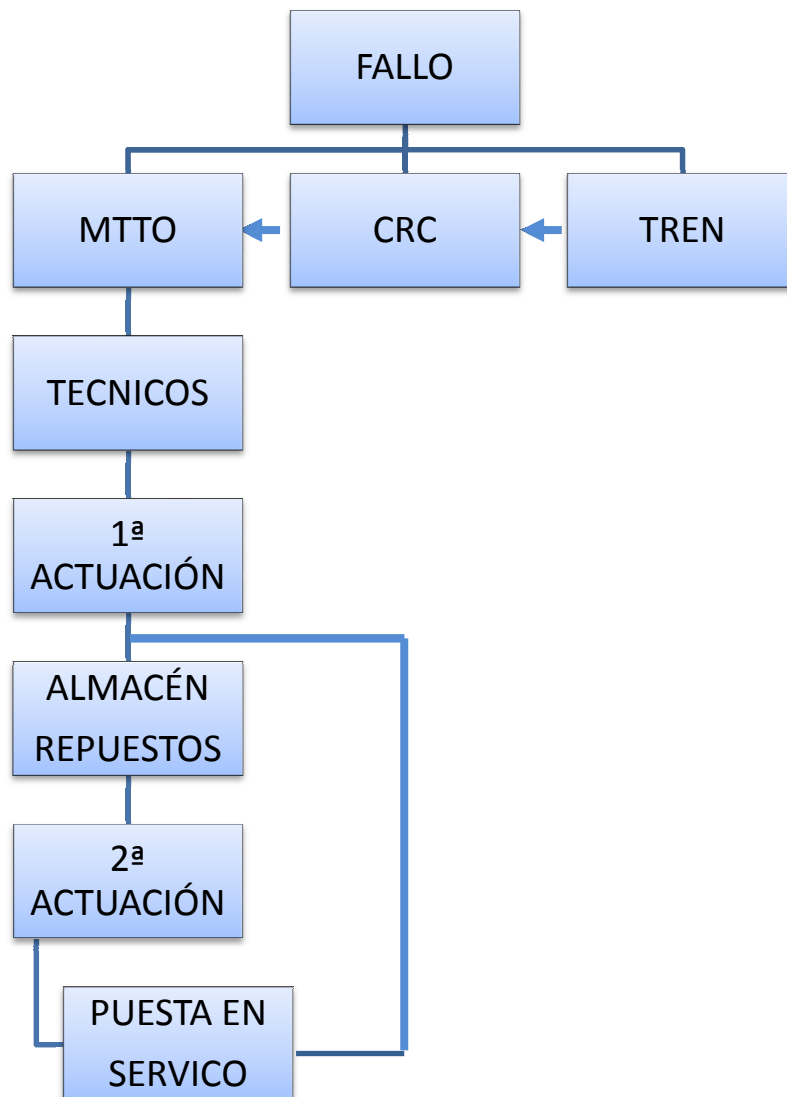
Esta forma de mantenimiento impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan los fallos, pues se ignora si el fallo se produjo por un mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc.

A lo largo de cualquier línea de Alta Velocidad, así como de cualquier otra empresa, la cantidad de sistemas electrónicos presentes es elevada, de este modo, es necesario un sistema organizado y coordinado para tener en todo momento las instalaciones funcionando como el primer día.

Para garantizar una eficacia absoluta en el mantenimiento es necesario conocer en todo momento cada uno de los equipos, así como tener una evolución de las posibles causas de averías en los elementos, para poder realizar el mantenimiento lo más exacto y eficaz posible.

Y en base a estos datos, se realiza un plan anual de mantenimiento, preventivo y predictivo, en este caso, a realizar por los técnicos de mantenimiento, día a día, y con las periodicidades recomendables para cada una de las partes de la instalación.

La línea de actuación a seguir cuando se produce una avería y se ha de efectuar un mantenimiento correctivo es la esquematizada a continuación:



Oración propia

Cuando se produce cualquier tipo de avería en el sistema, ésta puede ser detectada por tres vías distintas:

- Al paso de una circulación, el maquinista detecta el fallo y avisa al centro de control, CRC.
- Desde el sistema informático del CRC se detecta un problema.
- Desde el PC de consulta que controla las instalaciones es el propio personal de mantenimiento el que detecta el error.

En cualquiera de los tres casos, la empresa de mantenimiento es consciente del fallo y de dónde se encuentra localizado, en ese momento, la línea de actuación a seguir es la de comunicar a los técnicos de mantenimiento toda la información que se posea del fallo.

En una primera actuación, los técnicos acuden al lugar donde se ha producido el fallo, y realizan un primer análisis de cuáles han podido ser las causas, diagnostican si se puede reparar en ese mismo momento o si es necesario reemplazar algún elemento de la instalación.

Si no se dispone del material necesario, se acude al almacén de repuestos, y posteriormente en una segunda actuación se soluciona el problema mediante la sustitución del elemento estropeado por su repuesto en buenas condiciones.

Finalmente, y una vez comprobada la reparación, se devuelve el sistema a explotación, es decir, que vuelve a convertirse en segura la circulación de material rodante. Todo ello ha de hacerse en el menor tiempo posible, pues si como de una empresa productiva se tratara, cuanto mayor es el tiempo de avería, mayores son las pérdidas de la empresa, en este caso, lo que podríamos denominar como pérdidas serían los posibles retrasos ocasionados en las circulaciones, con la consiguiente insatisfacción de los viajeros.

8.- REPERCUSIONES DE LA ENERGÍA RENOVABLE EN EL MUNDO FERROVIARIO

Todo comenzó en el siglo XVIII, la invención de la máquina de vapor daba comienzo a la I Revolución Industrial. Éstas usaban como combustible el carbón mineral. La quema de este material aumentaba las emisiones de CO₂, perdiendo con ello el equilibrio del planeta, y naciendo paralelamente a la Revolución Industrial, el cambio climático global.

A continuación, analizaremos por separado la repercusión de cada uno de los tipos de tracción del ferrocarril.

8.1.- TRACCIÓN DE VAPOR

Las máquinas de vapor, utilizaban como combustible fueloil, madera o carbón, siendo este último el más determinante en la repercusión al medio ambiente, al ser el que más emisiones provoca.

Una locomotora de vapor, que apenas alcanzaba los 2000 CV, consumía entorno a 22 kg de carbón y 110 l de agua por cada km recorrido. Por lo que si sabemos que cada kg de carbón quemado produce entorno a 1,83 kg de CO₂, podemos deducir que para una distancia de 100 km, la emisión de este tipo de locomotoras es de 4 toneladas de dióxido de carbono.

Esta combustión no sólo produce dióxido de carbono, sino otros gases de efecto invernadero, entre los cuales destaca el dióxido de sulfuro (responsable de la lluvia ácida) y el monóxido de carbono.



Figura nº 35, Máquina de tracción vapor, Entretenes

8.2.- TRACCIÓN DIESEL

Cuando llegó el motor de combustión interna diesel al mundo ferroviario, las ventajas eran muchas, entre ellas, el aumento de velocidad y el ahorro de combustible, pero, al igual que el carbón, nos encontramos ante un recurso agotable.

Las locomotoras diesel consumen una media de 2,4 l de gasolina por kilómetro recorrido, y el litro de gasolina se estima que emite entorno a 2,4 kg de CO₂, así, para el mismo caso de una locomotora que recorra una distancia de 100 km, la emisión de este gas sería de 600 kg, siete veces menos de emisión que la máquina de vapor.



Figura nº 36, Máquina de tracción diesel, Heraldo

8.3.- TRACCIÓN ELÉCTRICA

La aparición del uso de energías renovables alcanzó también al medio ferroviario, surgiendo las locomotoras de tracción eléctrica.

Hoy en día, existen diferentes fabricantes de locomotoras eléctricas, que son utilizadas tanto para las líneas de ancho convencional, como para las líneas de alta velocidad. Estas máquinas, tienen un consumo de entre 11400 kw/h y 14800 kw/h, este dato traducido a combustible nos da un promedio de 2 l por km, lo que para el mismo trayecto de los ejemplos anteriores, sería una emisión de 460 kg.

Si contrastamos estos datos con los consumos de un avión (6 litros), o de un automóvil (4,8 litros), fácilmente podemos afirmar que el transporte ferroviario de tracción eléctrica, hoy en día supone el medio de transporte más sostenible y ecológico de cuantos existen.



Figura nº 37, Máquina de tracción eléctrica, Railwaymania



Figura nº 38, Máquina tracción eléctrica, Renfe

Paralelamente a la sostenibilidad del medio, la tracción eléctrica presenta otras tantas ventajas frente a sus antecesoras:

- Al carecer de sistemas generadores de energía, se reduce el volumen y el peso de los vehículos.
- El sistema de tracción eléctrica permite una tracción distribuida entre vehículos.
- Admiten sobrecargas momentáneas y no pierden potencia con la altitud.
- Desarrollan una mayor capacidad de tracción, originando menores costes de explotación.
- Los costes de mantenimiento y el número de averías son considerablemente menores al compararlos con los sistemas de tracción diesel.
- Producen un menor impacto ambiental.
- Consumen energía nacional.

8.4.- LEVITACIÓN

Actualmente existe otro tipo de tracción, la tracción electromagnética, lo que se conoce como trenes de levitación magnética.

Este tipo de proyectos, sólo se han desarrollado en dos países, Alemania y Japón.



Figura nº 39, Máquina de levitación, Inovus

Este tipo de infraestructuras eliminan la catenaria, lo que implica un consumo algo inferior, no obstante, al tener que alimentar las bobinas que recorren la vía, no se alcanza mucha diferencia, en cuanto al consumo, con la alta velocidad.

Lo que si diferencia notablemente este sistema, es la reducción de la contaminación acústica, así como, la posibilidad de alcanzar velocidades superiores a los 500 km/h, lo que lo hace un firme competidor al transporte aéreo.

8.5.- EL PROTOCOLO DE KIOTO Y RENFE

El 11 de Diciembre de 1997, los países industrializados se comprometieron en la ciudad de Kioto a ejecutar un conjunto de medidas para reducir los gases de efecto invernadero.

El objetivo principal de dicho acuerdo es disminuir el cambio climático de origen antropogénico cuya base es el efecto invernadero.

A cada país se le otorgó un margen distinto en función de diversas variedades económicas y medioambientales, según el principio de “reparto de carga”, de manera que en dicho reparto se acordó una cifra de +15% para nuestro país. Cifra que por su parte, a España lo convierte en el país con menos posibilidades de cumplir lo pactado, pues según datos del MMA (Ministerio de Medio Ambiente), en nuestro país, a comienzo del tratado se cumplían óptimamente las expectativas, no obstante, conforme se acerca el presente, los valores han aumentado considerablemente, efectuando una nueva caída, y acercamiento al cumplimiento en los últimos dos años.

De acuerdo con los datos proporcionados por el Ministerio de Fomento, en el año 2006, en nuestro país, el uso del tren como medio de transporte supuso un ahorro ecológico de 2132 millones de euros. Se trata sin lugar a dudas del más claro indicador de sostenibilidad en el transporte.

En concreto, el tren genera 5 veces menos costes que el transporte por carretera de mercancías, 3 veces menos que el de viajeros por carretera y 2 veces menos que la aviación civil.

Expresados en cifras económicas, estos datos se traducen en euros por 1000 viajeros/kilómetro, y por 1000 toneladas/kilómetro, el coste es de 76 euros en automóviles y 22,9 euros en ferrocarril, en cuanto a mercancías, el coste es de 87,8 euros en carretera y 17,9 euros en ferrocarril.

Total servicios de alta velocidad (Corredores Ave y Avant)				
Ahorro consumo energético (Tep)	Ahorro CO ₂ toneladas	Mortalidad evitada en carretera	Circulaciones de automóvil evitadas	Circulaciones de avión evitadas
143.906	521.660	37	7.155.524	39.873

Figura nº 40, Ahorro neto por coste generado, Renfe

Estos datos, traducidos en repercusión sobre el medio ambiente, se muestran en la siguiente tabla, donde se puede observar que el principal efecto negativo que el tren, como transporte ayuda a minimizar, es el cambio climático.

ORIGEN DE LOS AHORROS DE COSTES EXTERNOS EVITADOS ANUALMENTE POR LOS SERVICIOS Alta Velocidad (AVE+Avant) (millones de Euros)						
EFFECTO EXTERNO	CAMBIO CLIMÁTICO	CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	ACCIDENTES	OTROS (*)	TOTAL
AHORRO NETO TOTAL ACTUALIZADO	111,1	67,9	71,0	18,5	40,1	308,7

(*) Efectos urbanos, efectos sobre el paisaje y la naturaleza, ocupación y fragmentación del suelo y otros efectos inducidos.

ORIGEN DE LOS AHORROS DE COSTES EXTERNOS EVITADOS POR EL AVE DEL CORREDOR NORDESTE (Madrid-Zaragoza-Barcelona y Madrid-Zaragoza-Huesca) (Mill euros)						
EFFECTO EXTERNO	CAMBIO CLIMÁTICO	CAMBIO CLIMÁTICO	ACCIDENTES	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	OTROS (*)	TOTAL
AHORRO NETO TOTAL ACTUALIZADO	50,0	30,6	31,9	8,3	18,1	138,9

(*) Efectos urbanos, efectos sobre el paisaje y la naturaleza, ocupación y fragmentación del suelo y otros efectos inducidos.

ORIGEN DE LOS AHORROS DE COSTES EXTERNOS EVITADOS POR EL AVE DEL CORREDOR NORTE Madrid-Valladolid) (Mill euros)						
EFFECTO EXTERNO	CAMBIO CLIMÁTICO	CAMBIO CLIMÁTICO	ACCIDENTES	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	OTROS (*)	TOTAL
AHORRO NETO TOTAL ACTUALIZADO	1,7	1,0	1,1	0,3	0,6	4,7

(*) Efectos urbanos, efectos sobre el paisaje y la naturaleza, ocupación y fragmentación del suelo y otros efectos inducidos.

ORIGEN DE LOS AHORROS DE COSTES EXTERNOS EVITADOS POR EL AVE DEL CORREDOR SUR (Madrid-Córdoba-Sevilla y Madrid-Córdoba-Málaga)(Mill euros)						
EFFECTO EXTERNO	CAMBIO CLIMÁTICO	CAMBIO CLIMÁTICO	ACCIDENTES	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	OTROS (*)	TOTAL
AHORRO NETO TOTAL ACTUALIZADO	44,7	27,3	28,5	7,4	16,1	124,1

(*) Efectos urbanos, efectos sobre el paisaje y la naturaleza, ocupación y fragmentación del suelo y otros efectos inducidos.

ORIGEN DE LOS AHORROS DE COSTES EXTERNOS EVITADOS POR EL AVE DEL CORREDOR TRANSVERSAL (Barcelona-Sevilla y Barcelona-Málaga) (Mill euros)						
EFFECTO EXTERNO	CAMBIO CLIMÁTICO	CAMBIO CLIMÁTICO	ACCIDENTES	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	OTROS (*)	TOTAL
AHORRO NETO TOTAL ACTUALIZADO	1,1	-0,6	-0,7	0,2	0,4	3,0

(*) Efectos urbanos, efectos sobre el paisaje y la naturaleza, ocupación y fragmentación del suelo y otros efectos inducidos.

ORIGEN DE LOS AHORROS DE COSTES EXTERNOS EVITADOS POR LOS SERVICIOS AVANT(Mill euros)						
EFFECTO EXTERNO	CAMBIO CLIMÁTICO	CAMBIO CLIMÁTICO	ACCIDENTES	CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	OTROS (*)	TOTAL
AHORRO NETO TOTAL ACTUALIZADO	13,7	8,4	8,8	2,3	4,9	38,0

(*) Efectos urbanos, efectos sobre el paisaje y la naturaleza, ocupación y fragmentación del suelo y otros efectos inducidos.

Figura nº 41, Ahorro neto por coste generado 2, Renfe

Analizando todos estos datos, podemos asegurar con un 100% de seguridad, que el tren como medio de transporte es nuestro mayor aliado para el cumplimiento del protocolo de Kioto, y así, la principal ayuda para contrarrestar los efectos del cambio climático global.

8.5.1.- INFRAESTRUCTURA

Llegada a la conclusión de que el ferrocarril es el medio de transporte que menores emisiones produce, vamos a estudiar, el cómo mediante la mejora de las infraestructuras ferroviarias conseguimos reducir las emisiones a la atmósfera.

Como ejemplo, vamos a tomar el trazado que une la estación de La Robla con la Pola de Lena, pertenecientes ambas a la línea ferroviaria que une León con Asturias.

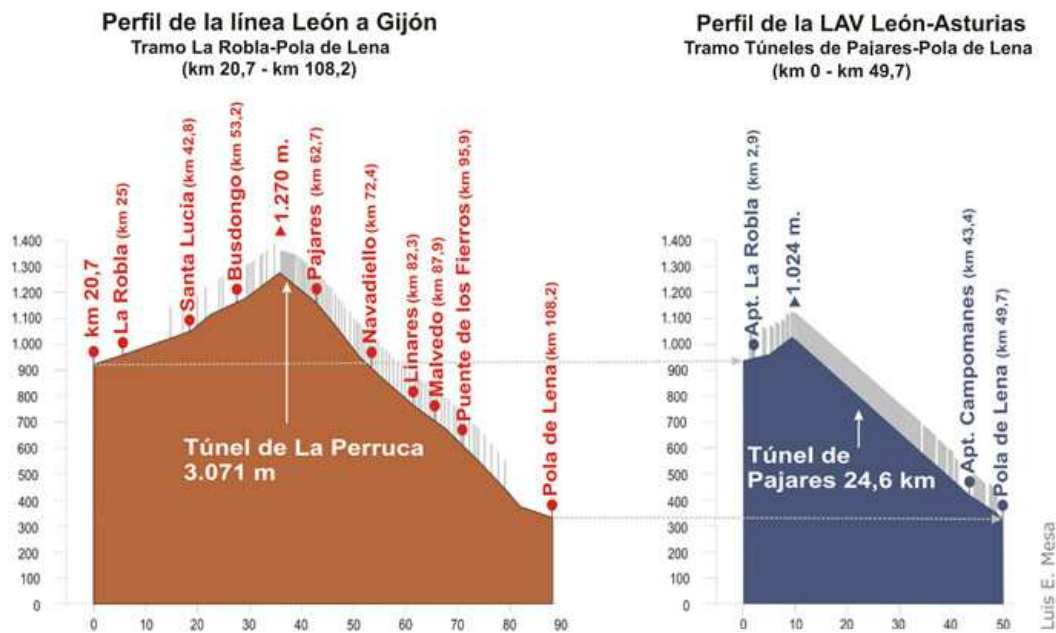


Figura nº 42, Perfiles línea ferroviaria León-Asturias, Vía Libre

Como se puede observar en la figura, la estación de La Robla está a una altitud de 956 metros, mientras que Pola de Lena se encuentra a 322 metros.

En el trazado antiguo el punto más alto se encuentra a 1270 metros, mientras que en el trazado de Alta Velocidad se encuentra a 1028 metros, lo que implica una reducción del desnivel a salvar de 250 metros.

Además se produce una reducción en kilómetros, así como unas considerables mejoras en los radios de curva que permiten alcanzar mayores velocidades, ya que los radios del nuevo trazado son de 5000 metros de media, por lo que es posible alcanzar los 300 km/h, en comparación con los anteriores radios de unos 300 metros que permitían alcanzar una velocidad máxima de 85 km/h.

La reducción de la emisión de gases de efecto invernadero se produce por lo tanto por diversas causas:

- Menor distancia a recorrer.
- Menor altura a salvar.
- Menor resistencia al avance por curva.
- Mayor aprovechamiento de la energía regenerada en el freno. Las subestaciones de la nueva línea son reversibles, por lo que se aprovecha la energía regenerada en el freno en el caso de los trenes descendentes.
- La línea nueva se electrificará a 25000 voltios en corriente alterna, y en esta tensión, las pérdidas óhmicas son muy inferiores a las que se registran en 3000 voltios (el 3% frente al 12% aproximadamente).

9.- PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

9.1.- LEGISLACIÓN

En materia legislativa, cabe resaltar, las tres normas que existen en nuestro país en cuanto a prevención de riesgos laborales, en el campo de trabajo que nos ocupa en el presente proyecto. Estas normas son, de carácter general, la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995, el Real Decreto 614/2001 y de carácter específico, el real Decreto 842/2002, conocido más concretamente como Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

9.1.1.- LEY DE RIESGOS LABORALES 31/1995

La norma fundamental y de mayor importancia en prevención, es la Ley 31/1995 de Riesgos Laborales, la cual no tiene otro objeto, que el de promover y garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores, mediante ciertas medidas, en todos aquellos entornos donde exista la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo, incluidas las enfermedades, patologías o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo.

Para calificar como riesgo, se valoran, tanto la probabilidad de que se produzca el año y su severidad, quedando exentas, las administraciones públicas, penitenciarias e instalaciones militares, como el entorno del hogar familiar.

El concepto principal que se ha de tener siempre en cuenta, cuando se habla de este tipo de normativa, es la prevención, definida como el conjunto de actividades, medidas aprobadas o previstas en todas las fases de actividad de la empresa, con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo.

Para cumplir al máximo el objetivo de garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores, debe haber una perfecta coordinación y cooperación entre las tres partes implicadas, la administración, los empresarios y los trabajadores. Teniendo cada uno de ellos que asumir las obligaciones y deberes que les dicta la Ley.

En primer lugar, la administración debe, según lo establecido en dicha Ley:

- Establecer los medios adecuados para la evaluación y control de las medidas a implantar para la seguridad.
- Implantar sistemas de información adecuados para la evaluación de las medidas.
- Supervisar la formación en esta materia.
- Elaborar y divulgar estudios, investigaciones y estadísticas relacionadas con la seguridad y salud.

El empresario debe actuar tomando las medidas necesarias conforme a los siguientes principios:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona.
- Evaluar la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por aquello que entrañe un peligro menor.
- Planificar e informar a los trabajadores sobre la prevención.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.

Así mismo, el empresario debe adoptar las medidas necesarias para garantizar que los trabajadores reciban la información y formación necesarias, y que sólo aquellos que estén en su posesión puedan acceder a las zonas o equipos de peligro.

Por último, los trabajadores tienen como obligación fundamental, la de cooperar y fomentar en la formación en materia de prevención, así como, su disposición al cumplimiento de esta ley y demás normativas en el campo, y al uso de los equipos de protección individual, que el empresario tiene obligación de entregar.

Una vez llegados a este punto, se han tratado los puntos principales que recoge la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1955, no obstante, el documento es extensamente más largo y se puede consultar en su totalidad en la página web: <http://www.ugt.es/DatoBasico/prl08.pdf>

Existen dos Decretos Reales que complementan esta Ley en cuanto a los riesgos en el campo eléctrico se refiere:

9.1.2.- REAL DECRETO 614/2001

En él se analizan los distintos tipos de riesgo y protección a éste, de los trabajadores en dicho campo.

En este decreto se analizan, así como en la Ley, un poco por encima las principales obligaciones de empresarios y trabajadores en el campo de la seguridad, así como, ciertas definiciones, que han de ser tenidas en cuenta, como por ejemplo, instalación eléctrica, riesgo eléctrico, zona de peligro, trabajo en tensión, ..., pero lo más importante que cabe destacar en este documento son las distancias de seguridad que se estipulan en trabajos donde se pueda dar peligro por tensión.

Estas distancias podemos verlas en la siguiente tabla:

Un	Dpel 1	Dpel 2	Dprox 1	Dprox 2
≤ 1	50	50	70	300
3	62	52	112	300
6	62	53	112	300
10	65	55	115	300
15	66	57	116	300
20	72	60	122	300
30	82	66	132	300
45	98	73	148	300
66	120	85	170	300
110	160	100	210	500
132	180	110	330	500
220	260	160	410	500
380	390	250	540	700

Figura nº 43, Distancias de seguridad, BOE

Como se demuestra en la tabla anterior, Un, hace referencia a la tensión nominal a la que se encuentra sometida la instalación, medida en kilovoltios. Y, de acuerdo con el grado de tensión bajo el cual se esté actuando, existen según el documento, cuatro distancias que han de ser consideradas, todas ellas expresadas en centímetros:

- Dpel 1: Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando exista riesgo de sobretensión por rayo.
- Dpel 2: Distancia hasta el límite exterior de la zona de peligro cuando no exista riesgo de sobretensión por rayo.
- Dprox 1: Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad, cuando resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo.
- Dprox 2: Distancia hasta el límite exterior de la zona de proximidad, cuando no resulte posible delimitar con precisión la zona de trabajo y controlar que ésta no se sobrepasa durante la realización del mismo.

De la misma manera que el documento anterior, este decreto se puede consultar en su totalidad en el sitio web:

http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-2001-11881

9.1.3.- REAL DECRETO 842/2002

Este decreto es conocido comúnmente como Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Las instalaciones, salvo la tensión a la que se encuentra sometida la catenaria, así como las tensiones aguas arriba de los autotransformadores, se encuentran sometidas a baja tensión con lo cual, el principal elemento regulador de estos elementos y su normativa es el decreto al cual nos referimos en este apartado del proyecto.

En este decreto se tiene por objeto el análisis de las condiciones técnicas y garantías que se deben reunir en instalaciones de baja tensión, con la finalidad de preservar la seguridad de las personas, asegurar el funcionamiento de equipos y contribuir a la fiabilidad de las instalaciones.

Se entiende como baja tensión aquella que no sobrepase los 1000 voltios en corriente alterna o los 1500 en corriente continua.

Dentro de la baja tensión, el reglamento efectúa una clasificación según la tensión utilizada dentro de los valores anteriores.

Esta clasificación se muestra en la siguiente tabla:

	Corriente Alterna	Corriente Continua
Tensión muy baja	$U_n \leq 50$	$U_n \leq 75$
Tensión usual	$50 < U_n \leq 500$	$75 < U_n \leq 750$
Tensión especial	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$

Figura nº 44, Definición de tensión, BOE 2008

La tensión nominal, U_n , será de 230 voltios en corriente alterna trifásica, para una instalación de tres conductores, y en una de cuatro conductores, de 230 voltios entre fase y neutro, y de 400 voltios entre fases.

Así mismo, se especifica una frecuencia de funcionamiento de 50 Hz, permitiendo el uso de una distinta frecuencia mediante el previo permiso.

Si en la instalación existieran perturbaciones que pudieran obstruir el funcionamiento de la instalación de telecomunicaciones, su ésta estuviera presente, se deberían colocar elementos de protección contra éstas.

En dicho reglamento se explican las normativas dedicadas a:

- Aquellos trabajadores instaladores autorizados para trabajos en baja tensión.
- La documentación y puesta en servicio de instalaciones.
- Todo lo relativo a verificaciones e inspecciones en dichas instalaciones.
- Redes aéreas para la distribución.
- Conexionado de neutro y masas.
- Alumbrados exteriores.
- Previsión de cargas.
- Acometidas.
- Instalaciones de enlace, puesta a tierra, interiores o receptoras, interiores en viviendas, locales de concurrencia pública, locales de características especiales, con fines especiales, generadores, en caravanas y párquines de caravanas, en zonas marítimas, en muebles y en espacios donde se disponga de radiadores y/o saunas.
- Aquellas donde existe riesgo de incendio o explosión.
- Instalaciones de sistemas de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas en edificios.
- Todo tipo de terminología usada en instalaciones de estas características.

Nuevamente, por motivos de extensión, todos los puntos anteriormente citados se pueden consultar en el sitio web:

http://www.boe.es/aeboe/consultas/bases_datos/doc.php?id=BOE-A-2002-18099

9.2.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN

Además de toda la normativa, en ésta se especifica el compromiso en el uso, por parte de trabajadores, y, la puesta a su disposición por parte de los empresarios, de todos los EPIs (Equipos de Protección Individual) necesarios para el desarrollo de cada una de las funciones del trabajador.

Se entiende como EPI cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador con el fin de proteger a éste, de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

Para profundizar en los sistemas de protección individual se ha de recurrir al Real Decreto 773/1995, documento específico de esta materia.

A continuación se enumeran los principales sistemas de protección:

- Protectores de cabeza.
- Protectores de oídos.
- Protectores de ojos y cara.
- Protectores de vías respiratorias.
- Protectores de manos y brazos.
- Protectores de pies y piernas.
- Protectores de piel.
- Protectores de tronco y abdomen.
- Protectores de cuerpo entero.
- Protectores contra caídas.



Figura n ° 45, EPIs, Ergow

1. Protector de cabeza
- 2, 3 y 4. Protectores de oídos.
- 5, 6, 7 y 8. Protectores de ojos, cara y vías respiratorias.
- 9 y 10. Protectores de manos.
- 11 y 12. Protectores de pies y piernas.
- 13 y 14. Protectores de abdomen.
- 15, 16 y 17. Protectores de cuerpo.

10.- EL TITULADO EN EL MUNDO LABORAL DE LA INGENIERÍA FERROVIARIA

Un titulado en Ingeniería Técnica Industrial, debe ser capaz, de aplicar tantos conocimientos haya adquirido, destrezas y aptitudes, en la búsqueda de soluciones a problemas que surjan en su área de trabajo, siempre de manera creativa, y participando en el rediseño, automatización de procesos electrónicos, eléctricos, informáticos y de comunicación, a través de un eficiente análisis, diagnóstico y desarrollo de sistemas, estando habilitado para implantarlos mediante el uso, configuración y administración de las más actuales tecnologías electrónicas.

Actualmente, y con los tiempos que corren, el mundo laboral es muy exigente en cuanto a las nuevas incorporaciones de personal se refiere.

Cuando un titulado de Ingeniería Técnica Industrial termina su titulación y se enfrenta a la hora de buscar trabajo, tiene varias alternativas, distintas funciones para las cuales está capacitado, entre ellas, se encuentran las que a continuación se enumeran:

- Dirección y gestión de empresas.
- Electrónica y equipos.
- Emisiones radioeléctricas.
- Energía eléctrica.
- Energía solar.
- Domótica.
- Instalación de antenas colectivas.
- Sistemas y redes informáticas.
- Telefonía y sistemas.
- Televisión analógica y digital.
- Trabajo por cuenta ajena (proyectos, peritajes, ...)

Cada uno de los distintos campos a los que el titulado pueda dirigir su vida profesional, como es lógico, conllevará unos conocimientos diferentes, no obstante, las cualidades y aptitudes de la persona son muy genéricas para todos los campos.

A continuación se muestra una tabla donde se recogen las principales habilidades que un titulado en Ingeniería Técnica Industrial debe poseer:

HABILIDADES Y APTITUDES DEL TITULADO	GRADO DE IMPORTANCIA	GRADO DE APLICACIÓN
Predisposición a la informática	Medio	Medio
Conocimientos de matemáticas y física	Alto	Medio
Conocimientos de electricidad y electrónica	Alto	Muy alto
Conocimientos de programación y redes	Alto	Bajo
Interés por los avances tecnológicos	Medio	Bajo
Interés por la investigación	Medio	Bajo
Razonamiento lógico	Alto	Muy alto
Concentración y atención al detalle	Alto	Alto
Facilidad de trabajo en equipo	Alto	Muy alto
Organización y metódica	Medio	Medio
Capacidad de análisis y síntesis	Alto	Muy alto
Visión espacial y global	Medio	Medio
Aptitud numérica	Medio	Bajo
Imaginación y creatividad	Medio	Bajo
Capacidad de abstracción	Medio	Alto
Agilidad mental	Alto	Medio
Capacidad de gestión y liderazgo	Alto	Medio
Hacer uso de sistemas de información y recursos tecnológicos	Alto	Medio
Aplicación de conceptos	Medio	Alto
Trabajo multidisciplinario	Medio	Bajo
Competitividad	Alto	Bajo
Medición, análisis y control	Alto	Muy alto
Diseño y mantenimiento	Alto	Alto
Comunicación efectiva con vocabulario profesional	Medio	Bajo
Facilidad en el uso de técnica de ingeniería moderna	Alto	Medio
Espíritu emprendedor de colaboración y servicio	Medio	Alto

Figura nº 46, Tabla de aptitudes, Elaboración propia

En la tabla, se puede observar cada una de las principales habilidades, el grado de importancia que poseen en un recién titulado, y el grado de aplicación en el medio laboral, del cual es objeto este apartado del proyecto, el mantenimiento de instalaciones de alta velocidad ferroviaria, que de acuerdo con las distintas competencias enumeradas anteriormente, quedaría enmarcada en electrónica y equipos, así como, en energía eléctrica.

A continuación, se va a pasar a analizar cada una de las aptitudes, para así, poder estudiar el grado de importancia que cada una de ellas tiene en el entorno laboral enunciado.

En primer lugar, y siguiendo con el orden marcado en la tabla, un titulado debe presentar una buena disposición a la informática, pero, a no ser que su dedicación sea la programación, estos conocimientos no van más allá de la ofimática y software de diseño, en el caso de encontrarse en un departamento de oficina técnica. En el caso del mantenimiento ferroviario, no tiene una gran importancia, aunque no por ello, deja de ser una cualidad reseñable.

Por otro lado, se encuentran los conocimientos de mayor aplicación para esta titulación, como son los conocimientos de física, matemáticas, electricidad y electrónica y en una menor importancia, los de programación. Todas ellas tienen su relativa importancia, no obstante, como se puede observar en la tabla, en el ámbito ferroviario, la programación no tiene una gran importancia, sin embargo, tanto las matemáticas como la física tienen una mayor repercusión en el campo laboral, aunque sin lugar a dudas, los conocimientos que son de mayor utilidad, y que por lo tanto, son imprescindibles, son la electricidad y la electrónica, pues como se ha visto a lo largo de todo el proyecto, son la base de todos los equipos y sistemas que conforman la instalación.

Otra de la cualidades que se presenta, es el interés por los avances tecnológicos y la investigación, no obstante, de no encontrarse en un departamento de I+D, o embarcado en alguna actividad o grupo empresarial, el nivel de importancia que tiene, no es de mucha relevancia, y aún lo es menos en el caso del presente proyecto.

Sin embargo, un recién titulado, debe poseer un buen nivel de razonamiento lógico, así como una buena concentración de atención al detalle. Cualidades que en este ámbito son de mayor relevancia, puesto que ante cualquier incidencia, el mantener la mente despejada, y saber prestar atención en todo momento al transcurso del problema, ayuda a una rápida solución de la avería.

La facilidad para trabajar en equipo es una cualidad que ya desde la escuela universitaria se fomenta, puesto que la compenetración con otros miembros en un mismo equipo de trabajo, ayuda a que las tareas tengan una rápida consecución. En el mundo ferroviario, no es menos, ya que todos los problemas que puedan surgir se resuelven por parte de un grupo de técnico, por lo que la coordinación entre éstos agiliza el trabajo.

Una línea de trabajo organizada y metódica, al igual que las anteriores habilidades facilita el trabajo, ya que como en cualquier mantenimiento tanto preventivo como predictivo, una buena periodicidad conlleva un mejor funcionamiento de la instalación.

La capacidad de análisis, la visión espacial y global, la capacidad de abstracción y la agilidad mental son otras de estas aptitudes que favorecen una consecución ligera de las tareas, y sobre todo, en momentos de tensión, cuando ante una incidencia el tiempo es un factor clave, tener una persona que sea capaz de pensar claramente y con rapidez, puede suponer una gran diferencia a la hora de resolver un problema.

Sin embargo, existen otras cualidades, como la aptitud numérica y la imaginación y creatividad, que dentro del ámbito de estudio de este proyecto no son importantes, sin embargo, si tienen un valor relativamente alto, cuando el titulado se pueda dedicar a innovar y desarrollar nuevos proyectos o diseños.

A continuación, vemos en la tabla, otra de las cualidades que debe poseer un titulado, ya que éste, debe de ser capaz de gestionar y liderar un grupo de trabajo, para en todo momento, tener controlados los pasos que se dan en la realización de una tarea, no obstante, en nuestro caso, no es realmente necesaria la existencia de una persona que ejerza como jefe de equipo, puesto que todo se gestiona desde un centro de gestión de incidencias.

En cuanto, a que el titulado deba o no estar preparado para poseer un manejo de recursos tecnológicos, así como un uso de los distintos sistemas de información, no es un punto que tenga relativa importancia, sin embargo, sí lo es su capacidad para la aplicación de la información y de todos los conceptos adquiridos tanto a lo largo de su paso por el mundo laboral, como en la escuela universitaria.

Así mismo, tampoco lo es la capacidad comunicativa, mediante un lenguaje profesional, no obstante, si el titulado ejerciera de cara a la atención pública y/o a empresas, si sería una cualidad muy importante en su trabajo.

La disciplina en el trabajo, así como la competitividad, si son aptitudes en las que un ingeniero técnico debería destacar, ya que éstas, le harán progresar en su entorno laboral, procurándole reconocimientos por parte de su empresa, no obstante, no es al cien por cien en el caso del entorno ferroviario.

Puesto que en el ámbito laboral donde el titulado está comenzando a ejercer su profesión, se basa en una buena realización del mantenimiento de instalaciones, es necesaria una alta cualificación por parte del titulado, tanto en las tareas de medición, como en las de análisis y control, ya que todas ellas en conjunto, facilitarán el desarrollo de la actividad y reducirán su complejidad.

No tanto en este entorno, sería la habilidad de diseño, pues a no ser el caso en que el titulado se encontrara desarrollando su actividad en una oficina técnica, o en un departamento de investigación donde si se necesitaría más esta cualidad.

Por último, una cualidad que debe encontrarse presente en el titulado, así como en cualquier otro trabajador, y que hará progresar notablemente sus funciones en el mundo laboral, es el estar provisto de un espíritu emprendedor puesto al servicio de la empresa. Ésta, es probablemente, la aptitud más importante de la persona.

Hasta aquí, el análisis de las distintas cualidades y su importancia en el mantenimiento del sistema ferroviario, no obstante, cabe reseñar que en la adaptación de un titulado a cualquier entorno de trabajo, se dan unas distintas etapas que pasamos a explicar con detenimiento a continuación.

La primera de estas fases, es la acomodación. Cuando se empieza en un entorno nuevo, siempre es difícil el proceso de adaptación, nuevo ambiente, nuevos compañeros, nuevas tareas, todo compone un período de adaptación. Dependiendo del nivel de ésta, se puede obtener en gran medida un mejor rendimiento del estudiante, en cuanto a la capacidad para la realización del trabajo.

A continuación, en un segundo lugar, tras el primer contacto del titulado con el entorno, es el momento de la asimilación de conceptos. Como es lógico, en la formación universitaria, no se aprende como funciona una instalación de este calibre, así que se ha de adquirir una gran cantidad de conceptos sobre el funcionamiento de ésta.

No obstante, dependiendo de la asimilación durante los estudios, mayor será la velocidad de asimilación de información. Es importante esta fase, ya que toda la información descrita a lo largo de este proyecto es parte de la que debe ser asimilada por el titulado, y estar presente en todo momento, así, se hace una idea de lo importante que es la asimilación.

Finalmente, y realmente, lo que va a hacer de un titulado un verdadero y buen profesional, es y será como siempre se ha dicho, la experiencia.

Particularmente, como experiencia personal, he de reseñar, la sensación de sentirme afortunado, al entrar a formar parte de un grupo, donde la producción, así como lo sería cualquier empresa, es la optimización del servicio que damos a las personas, y no sólo nos quedamos aquí, sino que velamos en todo momento por su seguridad, permitiendo que millones de personas puedan viajar a la vertiginosa velocidad de 300 km/h, para llegar sanos y salvos a sus hogares o lugares de trabajo.

Personalmente, puedo recalcar también, el haber entrado en un entorno laboral joven, donde el ambiente es realmente bueno, y donde las relaciones humanas se ven y mejoran día a día, y en el marco profesional, la oportunidad que me han dado de formarme en un campo con unas amplias expectativas de futuro en nuestra sociedad.

11.- CONCLUSIONES

Tras la realización de este proyecto, y tras la recapitulación sobre el estado del ferrocarril de alta velocidad en nuestro país, podemos destacar como apunte para un futuro no muy lejano, los tres grandes vectores que marcarán la pauta de todos los aspectos de la sociedad, la economía y la industria, de tanto países en desarrollo como de países desarrollados, y que imprimirán un importante carácter a la explotación y gestión del ferrocarril, como son la Electrónica, las Telecomunicaciones y la Informática.

Del buen hacer y del acierto que se tenga del uso de estos sectores recién nombrados, y como se va plantear las bases para la aplicación intensiva del ferrocarril, dependerá en gran medida del éxito o del fracaso del uso del transporte ferroviario como la mejor alternativa para el desplazamiento de masa de viajeros y mercancías por toda la geografía.

El primer objetivo del proyecto, fue el de profundizar en el funcionamiento del sistema de alta velocidad en nuestro país. Para alcanzar dicho objetivo, se empezó con una introducción histórica de aquellos pequeños, pero importantes pasos históricos que han marcado el progreso del ferrocarril, hasta llegar al actual sistema comercial de alta velocidad y su continua explotación y mejora.

El siguiente paso ha sido el de estudiar con más detenimiento el sistema de control que una instalación de este calibre debe poseer para garantizar el correcto funcionamiento y control de todos los sistemas, para garantizar que no exista ningún riesgo ni para los pasajeros, ni para los vehículos.

Se ha hecho especial hincapié en los siguientes apartados del presente documento, en comunicaciones y fuentes de alimentación, así como de todos aquellos elementos auxiliares, como detectores, o principales, como señales y balizas, que hacen posible este funcionamiento.

No sólo se ha explicado cada uno de los sistemas que conforman este tipo de instalaciones, sino que se ha introducido al lector en los distintos tipos de sistemas de protección que se encuentran en uso, mostrando principal interés por el que rige la alta velocidad, y que además es el estándar europeo, el ERTMS.

En segundo lugar, se ha dedicado parte de este proyecto a un tema que en la actualidad preocupa en gran medida, como es, la afectación del sistema ferroviario como medio de transporte, al medio ambiente.

Para la consecución de este objetivo, ha sido necesario comparar las distintas formas en que se puede influir en el medio ambiente, el cómo y el por qué, mediante datos sobre los principales agentes contaminantes y sus cantidades, por todo esto, ha sido explicada la evolución de los distintos tipos de máquinas ferroviarias y su funcionamiento, así como su afectación y la evolución de éstas para una mejor conservación del medio ambiente.

Así mismo, y mirando la actualidad, se ha desarrollado el más importante tratado entre los países industrializados para la defensa conjunta del medio ambiente, el protocolo de Kioto, así como las distintas expectativas que presentan para un futuro próximo.

En siguiente lugar, se expuso la explicación y profundización en materia de prevención y riesgos laborales, que puedan surgir debido a los trabajos, bajo la exposición a diferentes tensiones eléctricas, y su manejo, repercusión y los medios existentes para evitar su aparición en la medida de lo posible.

Para lograr este objetivo, ha sido necesario dirigirse a las principales normas que existen a tal efecto, así como considerar en todo momento las responsabilidades que poseen tanto empresarios, como trabajadores, sin olvidar a la Administración Pública.

Ha sido fundamental, conocer los distintos medios que se ponen a disposición en el mundo laboral para la consecución del objetivo que hoy en día se marcan todas las empresas, que no es otro que el de tasa de accidentes cero.

El último objetivo que se ha tratado con este proyecto, ha sido el estudio de la integración del estudiante dentro del mundo laboral, y en especial dentro del ambiente ferroviario.

Se han analizado las cualidades que un recién titulado debe poseer y cómo pueden ser aplicables en el entorno laboral.

12.- GLOSARIO

Accionamiento electrónico de señales: sistema electrónico que permite el control del cambio de aspecto de las señales desde un puesto central o al paso de una circulación.

Aguja: cada uno de los dos carriles móviles que en los ferrocarriles sirven para que los vehículos vayan por una de dos o más vías que concurren en un punto.

Ancho de vía: distancia entre las caras internas de los carriles de una vía de tren.

Andén: en las estaciones de ferrocarril, especie de acera a lo largo de la vía, de anchura variable y de una altura conveniente para un fácil acceso al tren.

Apartadero: estación técnica cuyas terminales de viajeros y mercancías se reducen al sector ferroviario. Vía férrea corta empalmada a una vía principal en uno o más puntos, que se utiliza para mover vagones con el objeto de descargar la vía principal o para aparcar temporalmente el material rodante.

Automotor: tren formado por material autopropulsado, cualquiera que sea el número de motores, remolques o elementos por los que esté compuesto.

Balasto: capa de grava o de piedra machacada de fácil drenaje que se tiende sobre la explanación de los ferrocarriles para asentar y sujetar sobre ella las traviesas.

Batear: acción de golpear y ahuecar el balasto para deshacer los apelmazamientos y aumentar el drenaje de la plataforma de la vía.

Bypass: doble paso o paso que permite enlazar dos puntos sin pasar por un tercero intermedio.

Circulación a contravía: marcha de un tren en sentido contrario al usualmente asignado a la vía por la que circula.

Desvío: aparato de vía que permite materializar la bifurcación de una vía en dos o más.

Enclavamiento: relación de dependencia entre la posición de los dispositivos de accionamiento de aparatos de vía, señales, barreras, etc., que deben ser accionados en un determinado orden con objeto de garantizar la seguridad de la circulación mediante la posición adecuada de todos los aparatos de vía y de las señales de una estación o puesto, impidiendo movimientos peligrosos para el recorrido de una circulación autorizada.

Gálibo: contorno poligonal que debe quedar libre por encima de las vías para el paso de material rodante con carga.

Hombre muerto: dispositivo de seguridad que se instala en el material motor ferroviario.

Infraestructura de vía: conjunto de obras de tierra y de fábrica necesarias para construir la plataforma sobre la que se apoya la superestructura de vía. Entre las obras de tierra se encuentran los terraplenes, las trincheras y los túneles y, entre las obras de fábrica, los puentes, viaductos, drenajes y pasos a nivel.

Itinerario: recorrido que se prepara para una maniobra o un tren, para que entre, pase o salga de una estación colocando las agujas necesarias en la posición correcta.

Junta de dilatación: junta de carril especial que permite absorber las variaciones de longitud que experimentan los carriles por efecto de los cambios de temperatura y que podrían deformar la vía en aquellos lugares con cierta debilidad.

Peralte: pendiente transversal que se da en una curva de la vía para evitar que el vehículo sea expedido hacia la parte exterior de la curva por efecto de la fuerza centrífuga.

Pórtico: estructura formada por los postes situados a ambos lados de dos o más vías, unidos entre sí por medio de una viga, de donde pueden sustentarse las líneas de contacto de las vías que abarca.

Rama: composición de tren.

Ramal: rama desviada en una bifurcación de la vía principal.

Sección de vía: tramo o cantón de vía en que se divide una línea ferroviaria.

Solape: distancia, una vez pasada la señal de parada, que debe quedar desocupada antes de que un tren pueda aproximarse a la señal viniendo del mismo sentido circulatorio.

Superestructura de vía: conjunto integrado por los carriles, traviesas, sujeciones, los aparatos de vía y en su caso, el lecho elástico formado por el balasto, así como las demás capas de asiento, sobre el que estos elementos apoyan.

Traviesa: elemento de apoyo de madera, hormigón o metal, sobre el que se asientan los carriles constituyendo el nexo de unión entre éstos y el balasto.

Trazado de la vía: proyección sobre el plano horizontal o vertical de un trazado ferroviario, cuya configuración se basa en las alineaciones en planta y en alzado.

Vía libre: aspecto de señal fija fundamental que ordena al maquinista circular a la marcha normal si nada se opone.

13.- ÍNDICE DE IMÁGENES

		Pág.
Cuadro 1	Tabla evolutiva del ferrocarril en España	4
Figura 1	Mapa líneas Alta Velocidad España	6
Figura 2	Baliza ASFA	8
Figura 3	Captador ASFA	9
Figura 4	Sistema de abordó ASFA	10
Figura 5	Baliza EBICAB	12
Figura 6	Cableado LZB	14
Figura 7	Panel de control del maquinista	15
Figura 8	Eurobaliza	18
Figura 9	ERTMS Nivel 1	20
Figura 10	ERTMS Nivel 1	20
Figura 11	ERTMS Nivel 1	20
Figura 12	ERTMS Nivel 2	21
Figura 13	ERTMS Nivel 3	22
Figura 14	Circuito de vía de corriente alterna	23
Figura 15	Elemento de circuito de vía de audiofrecuencia	25
Figura 16	Tercer carril	26
Figura 17	Partes del pantógrafo	27
Figura 18	Partes catenaria 1	28
Figura 19	Partes catenaria 2	29
Figura 20	Partes catenaria 3	29
Figura 21	Tipos de catenaria	30
Figura 22	Elemento de retorno	31

Figura 23	Alimentación 1x25 Kv	33
Figura 24	Alimentación 2x25 Kv	33
Figura 25	Alimentación de los sistemas	34
Figura 26	DCO tipo 1	39
Figura 27	DCO tipo 2	40
Figura 28	DCC	41
Figura 29	DIV	42
Figura 30	DCDP	43
Figura 31	DOA	44
Figura 32	DVL	45
Figura 33	DIT	46
Figura 34	Línea de actuación en mantenimiento correctivo	51
Figura 35	Máquina de tracción vapor	53
Figura 36	Máquina de tracción diesel	54
Figura 37	Máquina de tracción eléctrica	55
Figura 38	Máquina de tracción eléctrica	56
Figura 39	Máquina de levitación	57
Figura 40	Ahorro neto por coste generado	58
Figura 41	Ahorro neto por coste generado 2	59
Figura 42	Perfiles Línea ferroviaria León-Asturias	60
Figura 43	Distancias de seguridad	64
Figura 44	Definición de tensión	65
Figura 45	EPIs	68
Figura 46	Tabla de aptitudes	70

14.- BIBLIOGRAFÍA

- www.adif.es
- www.alcatel.es
- www.asafal.es
- www.boe.es
- www.codesport.net
- www.dimetronic.es
- www.ergow.com
- www.ertms.com
- www.ferrocarriles.wikia.com
- www.fomento.es
- www.fotocarril.es
- www.fundacionffccgalicia.com
- www.gsm-r.uic.ass.fr
- www.mtas.es
- www.railfaneurope.net
- www.railforum.net
- www.railtren.com
- www.railwaymania.com
- www.renfe.es
- www.revistalinas.com
- www.riesgolaboral.org
- www.sience.oas.org
- www.sectra.cl

- www.todotrén.com
- www.tramvia.org
- www.transport.cat
- www.trenak.com
- www.ugt.es
- www.urbanity.es
- www.vialibre-ffe.com
- www.wikia.com
- www.wikipedia.es
- Documento formativo ADIF.